

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
ИМ. Н. М. ГЕРСЕВАНОВА

СПРАВОЧНИК ПО ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНЫМ РАБОТАМ

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

*Под общей редакцией
канд. техн. наук М. И. Смородинова*



МОСКВА
СТРОЙИЗДАТ
1974

А в т о р ы:

М. И. СМОРОДИНОВ, Б. С. ФЕДОРОВ, Б. А. РЖАНИЦЫН, О. И. ИГНАТОВА, Е. В. СВЕТИНСКИЙ, С. А. ТЕР-ГАЛУСТОВ, А. И. ЕГОРОВ, Ю. В. ДИТРИХ, Е. В. МУХИНА, А. Л. ЛЕВИНЗОН, В. Т. КЛИМОВ, Ю. Н. РЕДЯНОВ

Главная редакционная коллегия серии:

П. Ф. БАКУМА (гл. редактор), Г. Н. ДОМОЖИРОВ (зам. гл. редактора), М. И. БАЛЬНОВ, В. П. БЕЛОВ, А. Т. БРУКОВ, С. П. ЕПИФАНОВ, В. В. ИВАНОВ, Н. В. КАЗАНСКИЙ, Б. П. КАЛИНИН, И. А. ОНУФРИЕВ, С. М. ТЕРЕХОВ, Е. А. ТОРГОНЕНКО, Н. М. ТРЕГУБЕНКОВ, Б. С. ФЕДОРОВ, С. Н. ЩЕРБАКОВ

Справочник по общестроительным работам. Основания и фундаменты. Под общ. ред. М. И. Смородинова. М., Стройиздат, 1974, 372 с. (Науч.-исслед. ин-т оснований и подземных сооружений). Авт. М. И. Смородинов, Б. С. Федоров, Б. А. Ржаницын и др.

Справочник содержит основные сведения по организации и технологии работ при устройстве оснований и фундаментов зданий и сооружений в промышленном, гидротехническом и гражданском строительстве. В нем приведены необходимые данные о свойствах грунтов и методах их определения. Даны краткие описания способов производства работ и характеристики основного применяемого оборудования по водопонижению, устройству оснований, фундаментов из забивных и буронабивных свай, стен в грунте, опускных сооружений, а также для химического закрепления грунтов.

Материал некоторых разделов книги несколько выходит за рамки справочника.

Справочник предназначен для инженерно-технических работников проектных и строительно-монтажных организаций.

Табл. 92, ил. 152, список лит.: 55 назв.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В связи с интенсивным развитием строительства в нашей стране важное народнохозяйственное значение приобретают вопросы устройства оснований и фундаментов. Сооружение последних связано с разнообразными строительными работами. Стоимость их входит весомой составляющей в общую стоимость строительства, а время выполнения этих работ существенно влияет на сроки его завершения. Поэтому при составлении проекта организации работ вопросам технологии и механизации уделяется большое внимание.

Справочник содержит сведения об основных видах строительных работ и оборудовании, используемом для устройства оснований и фундаментов. В главах справочника читатель может найти рекомендации по выбору методов контроля качества работ, основные требования, предъявляемые к проектам организации работ, технологические схемы производства работ, характеристики оборудования и другие данные. Справочник состоит из восьми глав. В I главе приведены краткие сведения по инженерно-геологическим изысканиям, знание которых необходимо в работе специалистов, занимающихся устройством оснований и фундаментов; II глава справочника посвящена вопросам подготовки оснований зданий и сооружений.

При строительстве, связанном с работами в обводненных грунтах, решающее значение приобретают вопросы водопонижения, изложенные в III главе. Здесь читатель может найти сведения о способах водопонижения, видах применяемого оборудования, его характеристики и методы выбора его в зависимости от гидрогеологических условий строительной площадки.

В главах IV и V приведены материалы по фундаментам на естественном основании, по шпунтовым ограждениям и по устройству фундаментов на забивных сваях. В этих главах помещены сведения по типоразмерам и конструкциям элементов сборных фундаментов и свай, применяемым в нашей стране, приведены основные тех-

нические данные по машинам, механизмам, приспособлениям и материалам, используемым при производстве работ.

В главе VI дано описание технологии устройства буронабивных свай при различных способах крепления стенок скважины и применяемого оборудования, приведены рекомендации по рациональному использованию буронабивных свай различных типов. В главе дана классификация бурового оборудования для различных способов крепления стенок скважины, методов бурения скважин, видов рабочих органов и способов транспортирования разбуренной породы из скважины в зависимости от вида механизма перемещения, приводятся технические характеристики буровых установок отечественного производства и установок зарубежных фирм. В главе кратко описаны методы контроля качества изготовления буронабивных свай, даны также сведения по методам устройства «стены в грунте», применяемые в СССР и за рубежом. Приводятся различные конструкции и формы «стены в грунте» в зависимости от их назначения, применяемого оборудования и способа устройства; описано оборудование для приготовления и очистки глинистых растворов.

В главе VII приведены данные о прогрессивных конструкциях опускных сооружений, технологии их изготовления и производстве работ по их опусканию. Даны необходимые сведения по опускным сооружениям, полученные из опыта ведущих научных, проектных и производственных организаций СССР. Особое внимание уделено успешно внедряемому в СССР передовому способу опускания сооружений в тиксотропных «рубашках». Даны краткие сведения по кессонному способу производства работ.

В VIII главе приведены данные по химическому закреплению грунтов и рецептура основных растворов, рекомендуемых к применению в различных грунтовых условиях.

Глава I написана канд. техн. наук, старшим научным сотрудником О. И. Игнатовой; глава II — канд. техн. наук, старшим научным сотрудником Е. В. Светинским; глава III — канд. техн. наук, старшим научным сотрудником Б. С. Федоровым; глава IV канд. техн. наук, старшим научным сотрудником А. Л. Левинзоном; глава V — инж. Ю. В. Дитрихом; глава VI — канд. техн. наук

М. И. Смородиновым и инж. А. И. Егоровым; глава VII — инженерами В. Т. Климовым, Ю. Н. Редяновым, канд. техн. наук, доцентом С. А. Тер-Галустовым, инж. Ю. В. Дитрихом и канд. техн. наук М. И. Смородиновым; глава VIII — проф., д-ром техн. наук Б. А. Ржаницыным и инж. Е. В. Мухиной.

В справочник авторы включили лишь наиболее важные вопросы устройства оснований и фундаментов, снабдив книгу списком дополнительной литературы, которым читатель может воспользоваться, если не найдет в работе необходимых сведений.

Все замечания о недостатках книги и предложения по ее улучшению будут приняты авторами с благодарностью.

Глава 1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СВОЙСТВАХ ГРУНТОВ И МЕТОДАХ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

§ 1. СВОЙСТВА ГРУНТОВ

Грунты оснований зданий и сооружений подразделяют на четыре основные группы: скальные, крупнообломочные, песчаные и глинистые.

Скальные — изверженные, метаморфические и осадочные породы с жесткими связями между зернами (спаянные и сцементированные), залегающие в виде сплошного или трещиноватого массива.

Крупнообломочные — несцементированные грунты, содержащие более 50% по массе обломков кристаллических или осадочных пород с размерами частиц более 2 мм.

Песчаные — сыпучие в сухом состоянии грунты, содержащие менее 50% по массе частиц крупнее 2 мм и не обладающие свойством пластичности (грунт не раскатывается в шнур диаметром 3 мм или его число пластичности $W_p < 1$).

Глинистые — связные грунты, для которых число пластичности $W_p \geq 1$.

Песчаные грунты в условиях природного залегания подразделяют по плотности в зависимости от коэффициента пористости (табл. I-1), а глинистые — по консистенции (табл. I-2).

Таблица I-1

Подразделение песков по плотности
в зависимости от коэффициента
пористости ϵ

Пески	Плотность сложения песков		
	плотные	средней плотности	рыхлые
Гравелистые, крупные и средней крупности . .	$\epsilon < 0,55$	$0,55 \leq \epsilon \leq 0,7$	$\epsilon > 0,7$
Мелкие	$\epsilon < 0,6$	$0,6 \leq \epsilon \leq 0,75$	$\epsilon > 0,75$
Пылеватые	$\epsilon < 0,6$	$0,6 \leq \epsilon \leq 0,8$	$\epsilon > 0,8$

**Подразделение глинистых грунтов
по консистенции**

Грунты		Консистенция B
Супеси ($1 \leq W_p \leq 7$)	Твердые Пластичные Текучие	$B < 0$ $0 \leq B \leq 1$ $B > 1$
Суглинки ($7 < W_p \leq 17$) Глины ($W_p > 17$)	{ Твердые Полутвердые Тугопластичные Мягкопластичные Текучепластичные Текучие	$B < 0$ $0 \leq B \leq 0,25$ $0,25 < B \leq 0,5$ $0,5 < B \leq 0,75$ $0,75 < B \leq 1$ $B > 1$

Среди грунтов указанных групп необходимо выделять грунты, обладающие специфическими свойствами: илы, просадочные, набухающие и засоленные грунты, грунты с примесью растительных остатков и заторфованные, а также грунты искусственного происхождения (насыпные, закрепленные и т. п.).

Номенклатурные наименования и подразделения грунтов, а также критерии для выделения грунтов со специфическими свойствами и их характеристики приведены в главе СНиП II-Б.1-62.

Для установления наименований грунтов, состава и состояния в условиях природного залегания, а также их поведения в основании зданий и сооружений должны быть определены следующие показатели свойств грунтов:

плотность, объемная масса и влажность для всех видов грунтов;

коэффициент пористости и степень влажности для крупнообломочных, песчаных и глинистых грунтов;

гранулометрический состав для крупнообломочных и песчаных грунтов;

влажности на границах текучести и раскатывания, число пластичности, консистенция и удельное сопротивление пенетрации для глинистых грунтов;

угол внутреннего трения, удельное сцепление и модуль деформации для всех видов нескальных грунтов;

временное сопротивление одноосному сжатию скальных грунтов;

сопротивление сдвигу, относительное сжатие и коэффициент фильтрации для слабых глинистых и заторфованных грунтов;

относительная просадочность и начальное просадочное давление для просадочных грунтов;

относительное набухание и усадка, давление набухания и влажность набухания для набухающих грунтов;

количественное содержание солей для засоленных грунтов;

степень заторфованности для песчаных и глинистых грунтов и степень разложения органического вещества для заторфованных грунтов.

По заданию проектной организации в случае необходимости могут определяться и другие характеристики грунтов.

В целом исследования свойств грунтов строительной площадки должны обеспечить:

определение типа фундаментов, их размеров и глубины заложения;

выбор, в случае необходимости, методов улучшения свойств грунтов основания;

установление вида и объема инженерных мероприятий по освоению площадки строительства;

выбор способов производства работ по устройству оснований и фундаментов.

Т а б л и ц а 1-3

Перечень действующих ГОСТов

Характеристика грунта	ГОСТ
Плотность $\gamma_{\text{ч}}$, г/см ³	5181—64
Объемная масса γ_0 , г/см ³	5182—64
Влажность W , %	5179—64
Гигроскопическая влажность W_1 , %	5180—64
Граница текучести W_t , %	5184—64
Граница раскатывания W_p , %	5183—64
Гранулометрический состав	12536—67
Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов	12071—72
Сопротивление срезу (удельное сцепление и угол внутреннего трения)	12248—66
Временное сопротивление при одноосном сжатии	17245—71
Модуль деформации	12374—66

В табл. I-3 приведен перечень действующих ГОСТов на определение характеристик грунтов, а в табл. I-4 даны формулы для вычисления основных физических характеристик.

Т а б л и ц а I-4

Формулы для вычисления физических характеристик грунтов

Характеристика	Формула
Объемная масса скелета $\gamma_{ск}$, г/см ³	$\gamma_{ск} = \frac{\gamma_0}{1 + 0,01W}$
Пористость n , %	$n = \left(1 - \frac{\gamma_{ск}}{\gamma_ч}\right) 100$
Коэффициент пористости ε .	$\varepsilon = \frac{n}{100 - n} \text{ или } \varepsilon = (1 + 0,01W) \frac{\gamma_ч}{\gamma_0} - 1$
Объемная масса взвешенного в воде грунта $\gamma_{взв}$, г/см ³ . .	$\gamma_{взв} = \frac{\gamma_ч - 1}{1 + \varepsilon}$
Полная влагоемкость W_0 , %	$W_0 = \frac{\varepsilon \gamma_в}{\gamma_ч} 100 \quad (\gamma_в = 1 \text{ г/см}^3)$
Степень влажности G . . .	$G = \frac{0,01 W \gamma_ч}{\varepsilon}$
Число пластичности $W_{п}$, %	$W_{п} = W_{т} - W_{р}$

Свойства грунтов оснований исследуются в процессе проведения инженерно-геологических изысканий, выполняемых в соответствии с нормативными документами на инженерные изыскания для строительства.

Инженерно-геологические изыскания осуществляются в соответствии с техническим заданием проектирующей организации, в котором определяются основной состав, детальность и порядок проведения изысканий. Основные требования к содержанию технического задания изложены в главе СНиП II-A.13-69.

В результате проведения инженерно-геологических изысканий должны быть получены следующие данные:

местоположение и рельеф территории предполагаемого строительства, климатические и сейсмические условия и сведения о ранее выполненных исследованиях грунтов и грунтовых вод;

геологическое строение и литологический состав толщи грунтов и наблюдаемые неблагоприятные физико-геологические и другие явления (карст, оползни, просадки и набухание грунтов, горные подработки и т. п.);

гидрогеологические условия с указанием высотных отметок уровней грунтовых вод, в том числе на период промерзания, сезонных и многолетних амплитуд их колебаний и величин расходов;

агрессивность вод в отношении материалов конструкций;

стратиграфическая последовательность всех слоев, линз и прослоев сжимаемой толщи основания с указанием возраста, происхождения, номенклатурного вида, состава и состояния грунтов и их физико-механических характеристик;

опыт местного строительства;

прогноз изменения инженерно-геологических условий площадки строительства при возведении и эксплуатации зданий и сооружений;

трудоемкость производства земляных работ.

§ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ГРУНТОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ И ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

1. Буровые и горнопроходческие работы

В задачи проходки горных выработок входят: установление геологического строения площадки, изучение литологического состава грунтов, установление гидрогеологических условий, отбор образцов грунтов и проведение полевых исследований для определения физико-механических характеристик грунтов.

Виды горных выработок, условия их применения и предельные глубины приведены в главе СНиП II-A.13-69. Основные способы бурения и их средняя производительность указаны в табл. I-5.

Средняя производительность различных
способов бурения

Способ бурения <i>i</i>	Средняя производительность, м/смену
Ручной ударно-вращательный . .	13,1
Колонковый	12,7
Ударно-канатный кольцевым забоем	14
То же, сплошным забоем	2,8
Шнековый	19,3
Вибрационный	33,9

Марки наиболее часто используемых буровых станков приведены в табл. I-6.

Основную номенклатуру бурового оборудования выпускает машиностроительный завод им. Воровского в Свердловске. Отбор образцов грунтов из скважин производится в соответствии с ГОСТ 12071—72.

Для отбора из скважин образцов грунта ненарушенного сложения (монолитов) используются следующие способы погружения грунтоносов: ударный (забивной), вдавливаемый, обуривающий, вибрационный, вращательный.

Для шурфопроходческих работ серийно выпускаются установки КШК-30 и ЛБУ-50. Для проходки шурфов также применяют буровые установки УРБ-2А, УГБ-50А, СБУД-150-ЗИВ. Бурение шурфов осуществляется вращательным способом с использованием шнековых и ложковых буров и ударным способом с применением забивных ячеистых стаканов. Средняя производительность ручной проходки шурфов в смену составляет 3 м, а механической — до 10 м.

2. Испытания грунтов статическими нагрузками с помощью штампов и прессиометров

Метод испытания грунтов статическими нагрузками применяют для определения модуля деформации E . При этом методе получают наиболее достоверные данные. Испытания штампами проводят в соответствии с ГОСТ 12374—66. Для просадочных грунтов помимо определения E находят относительную просадочность и начальное просадочное давление.

Буровые станки

Марки	Способы бурения	Для каких целей используются	Средняя производительность, м/смену
УГБ-50М, УГБ-50А СБУД-150-ЗИВ СБУЭ-150-ЗИВ АВБ2М, АВБ1М ВБУ-ГАЗ-63 БУЛИЗ-15 Д-5-25 БУКС-ЛГТ УБП-15М, УБП-15	Шнековый, колонковый, ударно-канатный Колонковый, ударно-канатный То же Вибрационный, ударно-канатный Вибрационный Шнековый, ударно-канатный, вибрационный, колонковый Ударно-канатный » »	Для бурения инженерно-геологических скважин Ø89—219 мм, глубиной до 30 м в нескальных грунтах	18,5 10,5 8,6 24,1 38 19,1 17 12,2 10,6
Д-10 БУГ-100 УКС-22М, УКС-30 УРБ-ЗАМ	Шнековый, колонковый Ударно-канатный сплошным и кольцевым забоем Ударно-канатный сплошным забоем Роторный	Для проходки зондировочных скважин Ø менее 89 мм, глубиной до 7 м Для бурения гидрогеологических скважин Ø168—377 мм и более, глубиной до 200 м	16,6 3,2 2,3 5,5

Для испытаний в шурфах применяют штамп площадью 2500 и 5000 см², а в скважинах — площадью 600 см². Штамповые установки серийно не выпускаются, а изготавливаются мастерскими и заводами изыскательских и научно-исследовательских организаций. Наиболее извест-

ными являются установки НИИ оснований и подземных сооружений (НИИОСП) Госстроя СССР, ГПИ Фундаментпроект Минмонтажспецстроя, Уральского политехнического института (УПИ), Института строительства и архитектуры АН

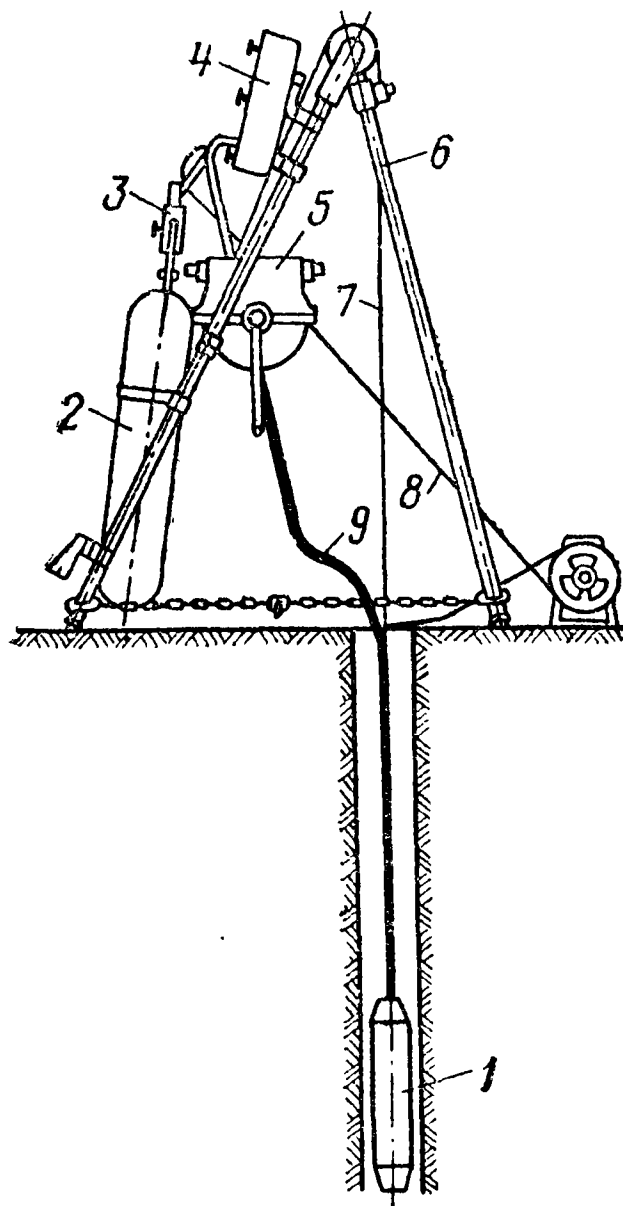


Рис. I-1. Схема пневматического прессиометра

1 — камера; 2 — баллон сжатого воздуха; 3 — редуктор давления; 4 — блок управления; 5 — лебедка; 6 — штатив; 7 — трос; 8 — трехжильный кабель; 9 — шланг высокого давления

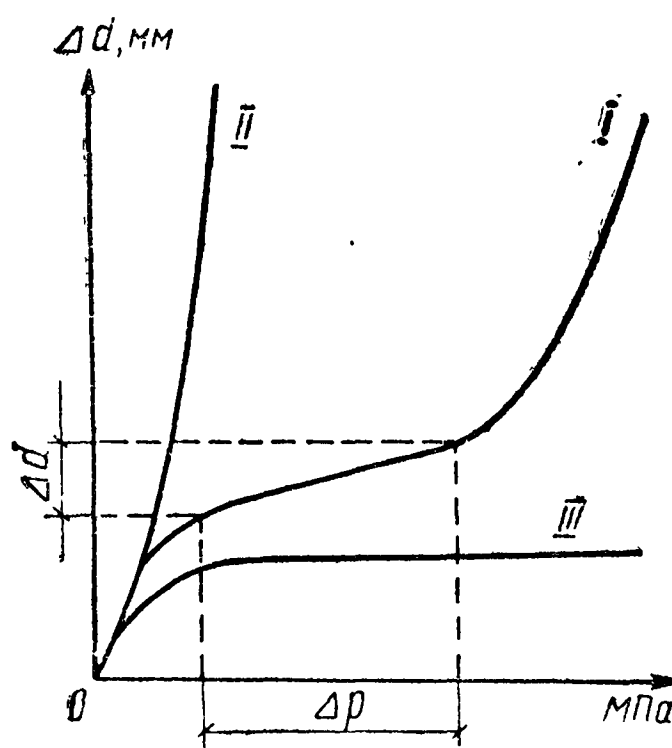


Рис. I-2. Графики прессиометрических испытаний

I — кривая испытания грунта в скважине; II, III — тарировочные кривые в условиях свободного расширения (II) и в жесткой трубе (III)

БССР и др. НИИОСП и Фундаментпроектом создана установка, в которой используется штамп малой площади (500 или 1000 см²) с кольцевой жесткой пригрузкой. Установка заменяет стандартный штамп площадью 5000 см² и позволяет уменьшить трудоемкость испытаний и ускорить их проведение.

Для испытаний грунтов в буровых скважинах применяются установки Института строительства и архитектуры АН БССР, УралТИСИЗа и др.

Сущность прессиометрического метода заключается в обжатии стенок буровой скважины на некотором участке ее длины боковым равномерным давлением с замером деформаций стенок скважины. Установка для испытаний компактна и не требует анкерных устройств для восприятия реактивного давления грунта. Установка состоит из опускаемой в скважину резиновой камеры, аппаратуры для создания давления и измерительных приборов (рис. I-1).

По способу создания давления и замера деформаций существующие конструкции прессиометров разделяются на гидравлические и пневматические.

К гидравлическим относятся: прессиометр ПС-1 (Фундаментпроекта), П-89 (УПИ), дилатометр Д-76 (НИИ оснований), прессиометр ЦНИИС. К пневматическим относятся: прессиометр Фундаментпроекта, П-89-Э и ЭВ-90/127 (УПИ и УралТИСИЗ), ИГП-21 (ВСЕГИН-ГЕО).

Значения модуля деформации по данным прессиометрических испытаний вычисляются по формуле

$$E_{\text{пр}} = kd_0 \frac{\Delta p}{\Delta d}, \quad (\text{I-1})$$

где k — корректировочный коэффициент, устанавливаемый экспериментально при сопоставлении результатов испытаний грунта методами прессиометрии и штампа;

d_0 — начальный диаметр скважины, см;

Δp — приращение удельной нагрузки между двумя точками на кривой, МПа (рис. I-2);

Δd — приращение деформации стенок скважины, соответствующее Δp , см.

Значения коэффициента k принимают в зависимости от глубины проведения испытания (h):

$k=3$	при $h < 5$ м;
$k=2$	при $5 \text{ м} \leq h \leq 10$ м;
$k=1,5$	при $10 \text{ м} < h \leq 20$ м.

3. Статическое зондирование грунтов

Для оценки положения границ между слоями грунта различного состава и состояния, степени однородности грунтов используется метод статического зондирования, а как косвенный метод он применяется для получе-

ния характеристик грунта и сопротивления под острием и по боковой поверхности забивных свай [4, 49, 52].

Статическое зондирование должно выполняться в комплексе с буровыми работами (рис. I-3) и с испытаниями грунтов лабораторными и полевыми методами. Справочные данные для определения плотности песков указаны в табл. I-7.

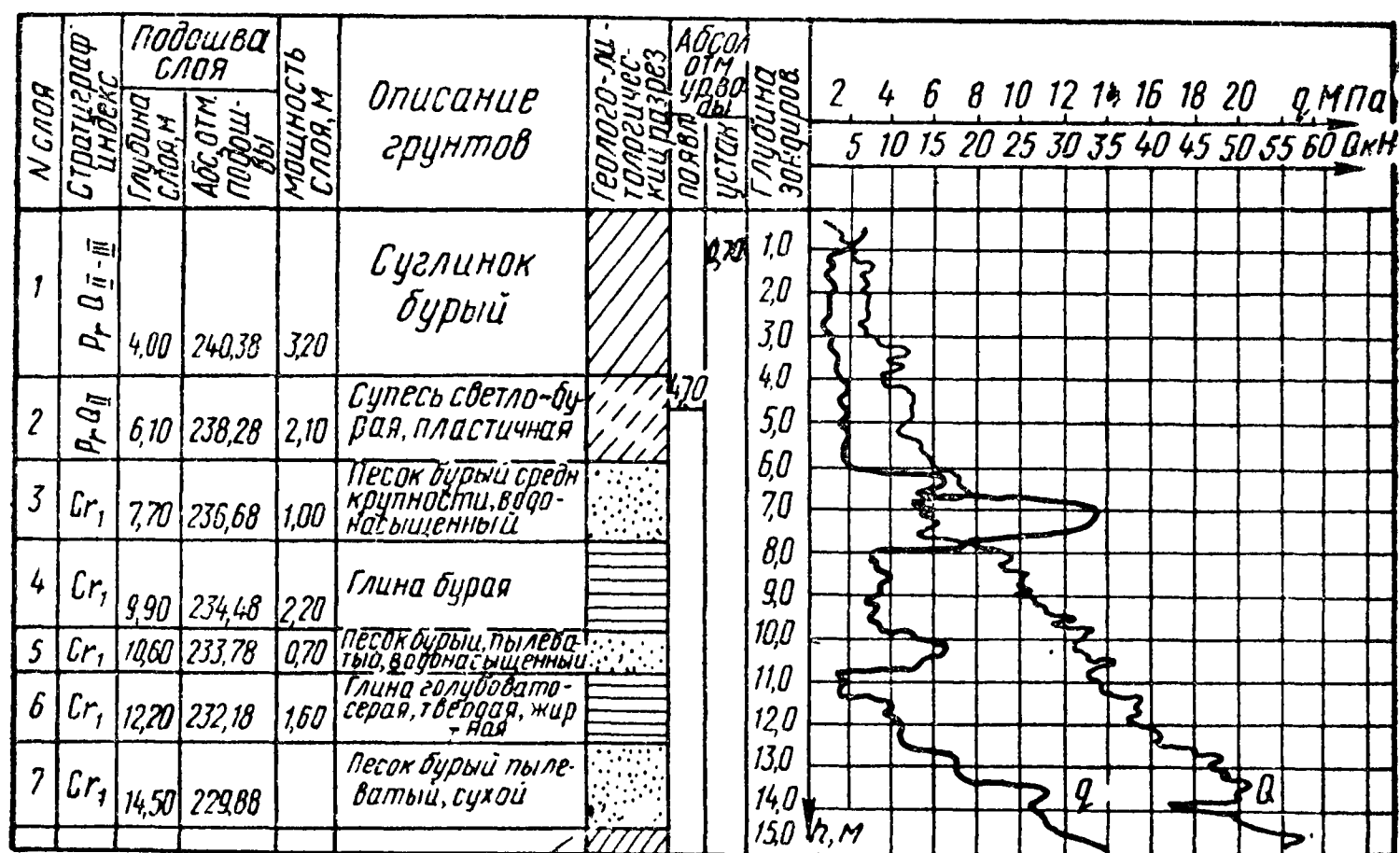


Рис. 1-3. График статического зондирования, совмещенный с геолого-литологической колонкой

q — удельное сопротивление грунта проникновению конуса; Q — трение грунта по боковой поверхности

Ниже приведена зависимость углов внутреннего трения песков крупных, средней крупности и мелких от сопротивления грунта под коническим наконечником.

Сопротивление по-
гружению конуса P_c ,

МПА	1	2	4	7	12	20	30
Угол внутреннего трения, град	26	28	30	32	34	36	38

Модуль деформации определяется по формулам: $E = 3P_c$ — для песков и $E = 7P_p$ — для суглинков и глин.

Для статического зондирования применяются следующие установки: С-979 (Фундаментпроекта), С-832 (Башниистроя), УСЗК-3 (УралТИСИЗ), установка ЦНИИС, а также приставка ПНИИС для статического

Плотность песков по данным зондирования

Виды песков	Степень влажно- сти песков	Зондирование		Плотность сложе- ния песков
		статичес- кое	динамичес- кое	
		сопротив- ление по- гружению конуса P_c , МПа	условное динамичес- кое сопро- тивление погруже- нию конуса P_d , МПа	
Крупные и средней крупности	Независимо от влажности	< 5	$< 3,5$	Рыхлые
		От 5 до 15	От 3,5 до 12,5	Средней плот- ности
Мелкие	Маловлаж- ные и влажные	> 15	$> 12,5$	Плотные
		< 4	< 3	Рыхлые
	Водонасы- щенные	От 4 до 12	От 3 до 11	Средней плот- ности
		> 12	> 11	Плотные
Пылева- тые	Маловлаж- ные и влажные	< 4	< 2	Рыхлые
		От 4 до 12	От 2 до 8,5	Средней плот- ности
	Водонасы- щенные	> 12	$> 8,5$	Плотные
		< 3	< 2	Рыхлые
	Маловлаж- ные и влажные	От 3 до 10	От 2 до 8,5	Средней плот- ности
		> 10	$> 8,5$	Плотные
	Водонасы- щенные	< 2	—	Рыхлые
		От 2 до 7	—	Средней плот- ности
		> 7	—	Плотные

зондирования к буровой установке УГБ-50А. Серийно Московским заводом строительных машин выпускается установка С-979. Опытными партиями этим же заводом выпускается установка С-832. Глубина зондирования составляет 15—20 м.

Статическое зондирование используется также в комплексе с радиоактивным каротажем. В процессе испытаний грунтов помимо измерения сопротивлений грунта вдавливанию зонда регистрируется по глубине изменение интенсивности рассеивания радиоактивного излучения.

На основе тарифовочных данных и соответствующих корреляционных зависимостей осуществляется расчленение толщи грунтов на слои и определяются их физико-механические характеристики.

При пенетрационно-каротажных методах применяются установки: СПК конструкции ВСЕГИНГЕО и СКБ МГ СССР, передвижная радиометрическая установка НИИОСП, установка «Бузонкар», созданная ЦТИСИЗ и НИИОСП.

4. Динамическое зондирование грунтов

Метод динамического зондирования используется для оценки положения границ между слоями грунта раз-



Рис. I-4. График динамического зондирования, совмещенный с геолого-литологической колонкой

личного состава и состояния (рис. I-4), степени однородности грунтов и как косвенный метод для получения характеристик грунта. Результаты динамического зондирования могут быть выражены осадкой зонда от определенного количества ударов, количеством ударов, необходимым для погружения зонда на определенную глубину (например, 10 см), или в виде динамического сопротивления

ния грунта погружению конического наконечника в МПа [4, 49, 52].

Справочные данные для определения характеристик грунтов в зависимости от величины динамического сопротивления R_d погружению конуса приведены в табл. I-7 и I-8.

Т а б л и ц а I-8

Модули деформации и углы
внутреннего трения песчаных грунтов
по данным динамического зондирования

Динамическое сопротивление R_d , МПа	Модули деформации E , МПа и углы внутреннего трения φ° песков					
	крупных и средней крупности		мелких		пылеватых	
	E	φ	E	φ	E	φ
2	16—20	30	13	28	8	26
3,5	21—26	33	19	30	13	28
7	34—39	36	29	33	22	30
11	44—49	38	35	35	28	32
14	50—55	40	40	37	32	34
17,5	55—60	41	45	38	35	35

Значения модулей деформации глинистых грунтов могут быть определены по формуле

$$E = 6 R_d.$$

Динамическое зондирование проводится главным образом установкой УБП-15М конструкции Гипропроекта. Применяется также приставка к буровому станку УГБ-50А, созданная ПНИИИС, и др.

5. Испытания грунтов на сдвиг

Метод испытания грунтов на сдвиг применяют для определения общего сопротивления грунтов сдвигу τ и параметров сдвига — угла внутреннего трения φ и удельного сцепления C , используемых при проектировании оснований фундаментов.

Испытания на сдвиг в шурфах проводят методами раздавливания призмы грунта, сдвигом целика в заданной плоскости, обрушением и выпиранием массива грунта (рис. I-5).

Метод раздавливания открытой с четырех сторон призмы грунта предназначен для определения τ и применяется для суглинков и глин твердой и пластичной консистенции. Метод является упрощенным. Сопротивление сдвигу τ принимается равным половине предела прочности на сжатие.

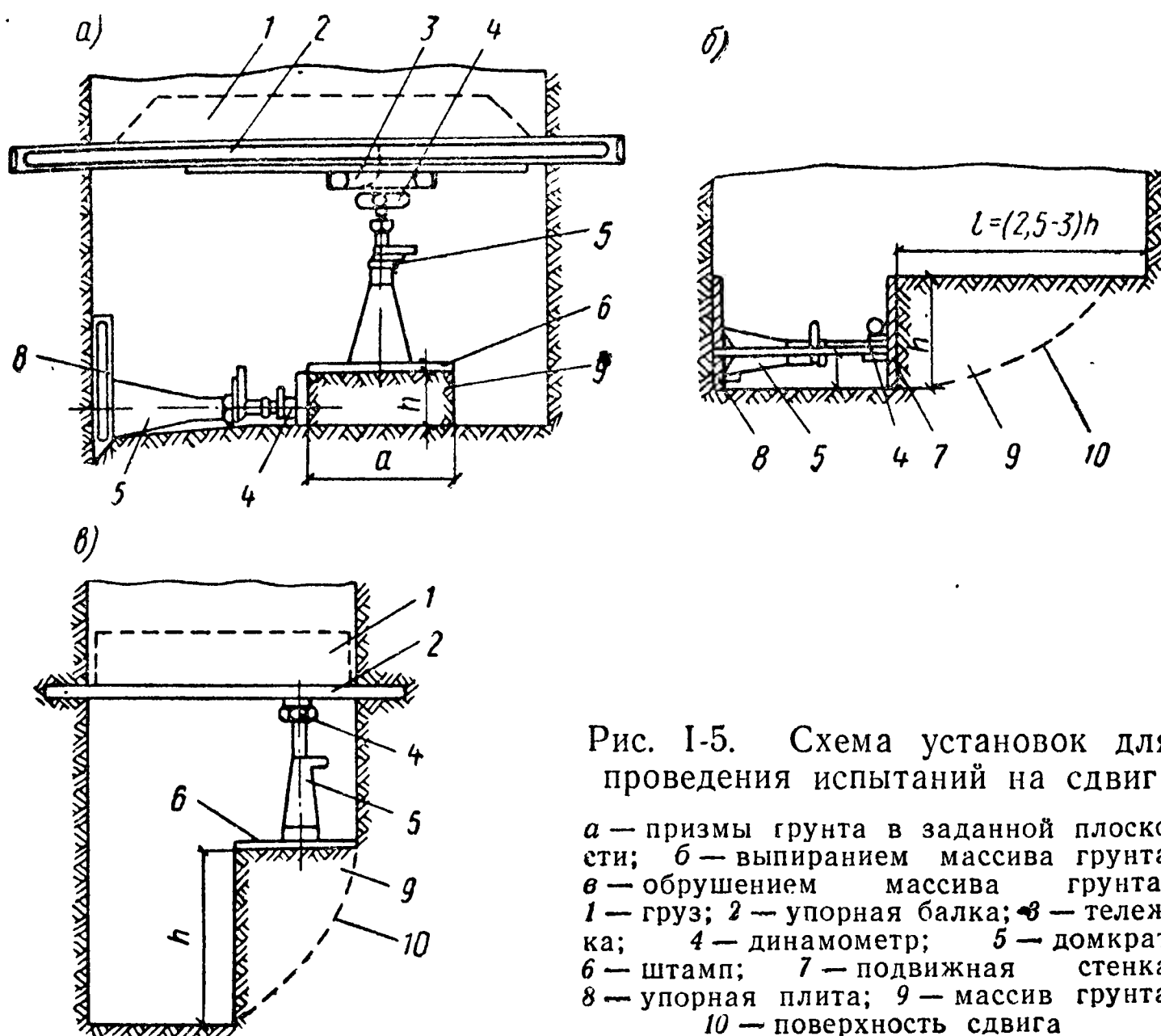


Рис. 1-5. Схема установок для проведения испытаний на сдвиг

а — призмы грунта в заданной плоскости; б — выпиранием массива грунта; в — обрушением массива грунта; 1 — груз; 2 — упорная балка; 3 — тележка; 4 — динамометр; 5 — домкрат; 6 — штамп; 7 — подвижная стенка; 8 — упорная плита; 9 — массив грунта; 10 — поверхность сдвига

Сдвиг в заданной плоскости целика грунта в виде свободной призмы или грунта, заключенного в специальную обойму, используется для песчаных, глинистых и крупнообломочных грунтов любой влажности и консистенции. Расчет параметров φ и C производится на основе не менее двух испытаний с различной нормальной нагрузкой.

Выпирание и обрушение грунта производят в песчаных, глинистых и крупнообломочных грунтах при характеристиках их состояния, обеспечивающих способность грунта сохранять вертикальный откос.

Значения φ и C вычисляют на основе рассмотрения условий предельного равновесия выпираемого и обрушаемого клина.

Универсальные установки для испытания грунтов на сдвиг в шурфах разработаны уральскими организациями (УПИ, Уральским Промстройинипроектом, УралТИСИ-Зом). Для испытаний на сдвиг в заданной плоскости имеются установки Фундаментпроекта и ПНИИИС.

Испытания грунтов на сдвиг в скважинах производят вращением наконечника с лопастями. При вращении грунт срезается по цилиндрической поверхности. По величине сдвигающего момента определяют сопротивление сдвигу τ .

Для сдвига грунта лопастными приборами применяются: зондовый сдвигомер — крыльчатка СК-8 конструкции Калининского политехнического института, лопастной прибор Фундаментпроекта, установка УИГС-2 ЦНИИС, установка УПИ с приложением нормального к поверхности среза давления и др.

6. Радиоизотопные методы определения свойств грунтов

Для определения объемной массы и влажности грунтов применяются радиоизотопные методы. Это косвенные методы, данные которых могут быть использованы после проведения тарировочных испытаний. В то же время радиоизотопные методы являются чрезвычайно эффективными, так как позволяют определять объемную массу и влажность во много раз быстрее по сравнению с прямыми методами.

Применяемые для этой цели приборы позволяют устанавливать плотность поверхностного слоя грунта на глубину до 50 см (гамма-плотномеры ПГП-1, ГП-1, ГП-0-50) и плотность грунта в скважинах на различных глубинах (гамма-плотномер ГП-1). Для измерения влажности используется нейтронный индикатор влажности НИВ-1. Указанные приборы серийно выпускаются узбекским республиканским объединением «Узпромэнерго».

7. Исследование фильтрационных свойств грунтов

Основными методами исследований являются опытные откачки, наливов и нагнетания.

Опытные откачки из скважин применяются для определения коэффициента фильтрации и дебита водоносных

пластов. Опытные наливов в скважины и шурфы применяются для приближенного нахождения коэффициента фильтрации грунтов, залегающих выше уровня грунтовых вод. Опытные нагнетания в скважины производятся для установления коэффициента фильтрации трещиноватых скальных грунтов. Наиболее достоверные сведения о коэффициенте фильтрации и водоотдаче грунтов и удельном дебите скважин дают опытные откачки.

Для глубинных опытных откачек применяют следующие водоподъемники: центробежные с погруженными электродвигателями (ЭЦВ, ЭПН, АП, АПВ, ЭПЛ, ЭЦНВ, УЭЦВ); эрлифтные с компрессорами (КС-9, ЗИФ-55, ДК-9, ЗИФ-ВКС-5, ПКС-5); погружные поршневые с приводными лебедками (КЦ-8, НК-1, НДК); поршневые буровые насосы. Наибольшую производительность (100 м³/ч и более) имеют центробежные и эрлифтные водоподъемники. Из поверхностных наиболее часто применяют следующие водоподъемники: насосы консольного типа К, КМ (ЧК-12, ЭК-9, ГКМ-6, ЧК-18); центробежные самовсасывающие (С, НЦС); грязевые (ЗИФ-200/400 к станку СБУД, ГНОМ).

§ 3. ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУНТОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Физико-механические характеристики, определяемые в лабораторных условиях, необходимы для установления номенклатурных наименований грунтов и для расчетов оснований и фундаментов. Физико-механические характеристики грунтов должны устанавливаться в соответствии с действующими нормативными (см. табл. I-3) и инструктивными документами [6, 7, 29, 30].

Для определения основных механических характеристик грунтов применяют нижеследующие методы испытаний.

1. Компрессионные испытания

Для оценки сжимаемости грунтов в условиях невозможности бокового расширения и для определения модуля деформации грунтов проводятся компрессионные испытания. В результате эксперимента устанавливается зависимость между уплотняющим давлением p и коэффициентом пористости e (рис. I-6). Для заданного интерва-

ла давлений вычисляются коэффициент уплотняемости a и модуль деформации E :

$$a=\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{p_2-p_1} \text{ 1/МПа;}\tag{I-2}$$

$$E=\frac{1+\varepsilon_1}{a} \beta \text{ МПа,}\tag{I-3}$$

где β — коэффициент, зависящий от коэффициента Пуассона μ и равный 0,4 для глин; 0,62 для суглинков; 0,74 для супесей и песков.

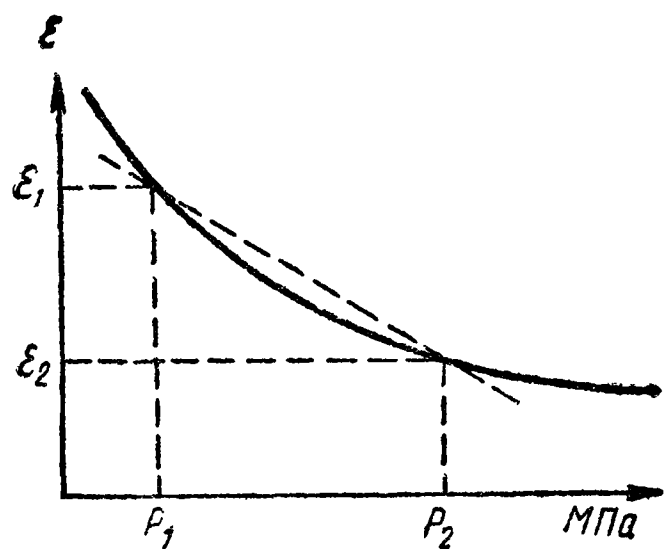


Рис. I-6. Компрессионная кривая

Значения модулей деформации по данным лабораторных испытаний получаются заниженными по сравнению с данными полевых испытаний грунтов штампами. Для корректирования результатов компрессии вводятся поправочные коэффициенты (табл. I-9).

Таблица I-9

Поправочные коэффициенты
к значениям компрессионных модулей деформаций
(для четвертичных глинистых грунтов)

Виды грунтов	Средние значения поправочных коэффициентов при коэффициенте пористости e , равном									
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4
Супеси . . .	4	3,5	3	2	—	—	—	—	—	—
Суглинки . . .	5	4,5	4	3	2,5	—	—	—	—	—
Глины . . .	—	6	6	5,5	5	4,5	4	3,5	2,5	2

2. Определение прочностных характеристик грунта

Прочностные характеристики — угол внутреннего трения φ и удельное сцепление C — устанавливаются в

срезных приборах с фиксированной плоскостью среза и в стабилометрах в условиях трехосного напряженного состояния.

Испытания песчаных и глинистых грунтов в срезных приборах производят в соответствии с ГОСТ 12248—66. В результате опыта определяется зависимость сопротивления грунта срезу τ от уплотняющего давления σ и находятся φ и C (рис. I-6).

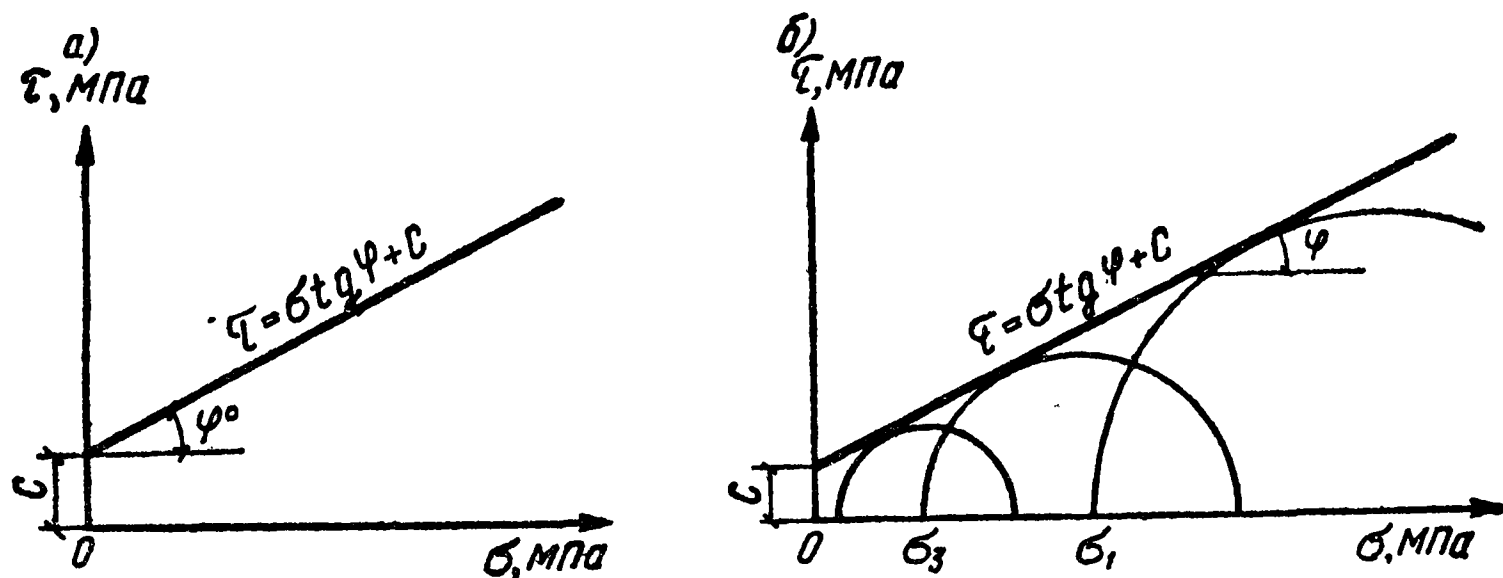


Рис. I-7. Зависимость сопротивления грунта срезу τ от давления σ по данным испытаний

a — в срезном приборе; *б* — в стабилометре

При испытании грунтов в условиях трехосного напряженного состояния в стабилометрах проводят серию опытов при различных соотношениях главных напряжений σ_1 и σ_3 . По этим данным строят круги предельных напряжений (круги Мора), по которым определяют φ и C (рис. I-7). К наиболее распространенным приборам трехосного сжатия относятся стабилометры конструкций ЛИИЖТ, ЦНИИС, ДИИТ и УПИ.

Для скальных и полускальных грунтов раздавливанием образца устанавливается временное сопротивление при одноосном сжатии R , вычисляемое по формуле

$$R = \frac{F}{S} \text{ МПа,} \quad (\text{I-4})$$

где F — нагрузка в момент разрушения образца, Н;
 S — площадь поперечного сечения образца, см².

Для полускальных грунтов испытания производят в соответствии с ГОСТ 17245—71.

3. Определение коэффициента фильтрации

В лабораторных условиях устанавливается коэффициент фильтрации песчаных и глинистых грунтов с помощью приборов: Г. Н. Каменского, Г. Тиме, трубки Г. Н. Каменского, трубки «Спецгео» и компрессионно-фильтрационных приборов. Методика испытаний изложена в [6].

Глава II. ПОДГОТОВКА ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Началу работ по возведению фундамента предшествует, как правило, подготовка грунтов, включающая планировку площадок, отрывку котлованов, улучшение свойств грунтов уплотнением и т. п. Для подготовки грунтов применяют землеройные и землеройно-транспортные машины и оборудование, машины для уплотнения грунтов, а также машины и оборудование для разработки мерзлых грунтов. Все эти машины и оборудование достаточно подробно описаны в соответствующих справочниках [25].

Механизированная разработка котлованов и траншей должна производиться с минимальным нарушением естественной структуры грунта оснований. Для этого грунт разрабатывается при помощи землеройных машин с «недобором». Оставшийся на дне котлована грунт должен удаляться перед началом устройства фундаментов вручную или специальным механизмом. Если грунт был вынут ниже проектной отметки, то на дно котлована подсыпается местный грунт с последующим уплотнением его. В том случае когда грунт уплотнить нельзя, в качестве подсыпки используется песок, щебень или гравий (по согласованию с проектной организацией).

Если после отрывки котлована дно его было замочено, то размокший грунт должен быть удален до глубины, сохранившей природную влажность.

Если будет установлено, что грунты основания разрыхлены или имеют недостаточную плотность, то следует уплотнить их до плотности, заданной в проекте.

Разработка котлованов и траншей под фундаменты должна выполняться так, чтобы в котлован не попадали ливневые воды.

При механизированной разработке котлована бульдозерами, экскаваторами остается недобор грунта в 5—7 см, который в местах устройства фундаментов сни-

мается вручную. Зачистку дна котлована экскаватором-планировщиком, ковшом универсального экскаватора с откидным зачистным ножом можно производить без недобора.

§ 2. ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ

1. Общие сведения

Грунты уплотняют для увеличения их несущей способности. К механическим способам уплотнения грунтов относятся укатка, трамбование, вибрирование и комбинированный способ. При выборе метода уплотнения грунтов и типа грунтоуплотняющих машин следует учитывать свойства грунта (гранулометрический состав, влажность, степень однородности, требуемую плотность), а также объем работ, время года, особенности выполнения подготовительных и вспомогательных работ и другие факторы. Работы по уплотнению грунтов ведутся при их влажности, близкой к оптимальной, т. е. при которой достигается наибольший эффект уплотнения.

Величина оптимальной влажности принимается:

для песка мелкого и средней крупности — 10—15%;
для песка пылеватого — 14—23%; для супесей — 9—15%;
для суглинков — на 1% и для глин — на 2% ниже влажности на границе раскатывания.

Увлажнение грунта и доведение его влажности до оптимальной производится поливочной машиной или из шлангов. При этом перед укладкой первого слоя должно производиться разрыхление поверхности основания на глубину не менее 5 см, а отсыпка последующего слоя должна выполняться с перемешиванием и разравниванием грунта. Если величина оптимальной влажности превышает верхний предел более чем на 20%, то необходимо подсушить грунт рыхлением или боронованием, после чего производить уплотнение грунта. Если подсушка грунта не достигает цели, то следует усилить основание втрамбовкой в него щебня или гравия.

Несвязные и малосвязные грунты увлажняются в отсыпном слое незадолго до уплотнения.

Поверхность земляного сооружения следует разделять на участки, на каждом из которых последовательно укладывают, разравнивают, увлажняют и уплотняют грунт. Все участки с одинаковыми условиями работы должны быть равновеликими по площади.

2. Технология уплотнения грунтов укаткой

Уплотняют грунты укаткой катками на пневмоколесном ходу и кулачковыми, а также транспортными и землеройно-транспортными машинами. Катками с гладкими вальцами укатывают грунты, главным образом на завершающей стадии уплотнения верхнего слоя насыпи, который может служить основанием дорожной одежды. Катками на пневмоколесном ходу могут быть уплотнены все виды грунтов. Кулачковые катки рекомендуются применять для уплотнения глины, суглинков и глинистых грунтов с примесью щебня и гравия, а также комковатых грунтов. Использовать кулачковые катки для уплотнения песков, сланцевых глин и сильно увлажненных глинистых грунтов не следует. Нельзя применять кулачковые катки для доуплотнения уже сравнительно плотных грунтов и особенно при недостаточной их влажности.

На больших площадках при выполнении работ по вертикальной планировке территории застройки лучше применять схему движения катком по замкнутому кругу. На насыпях, где исключается возможность разворота катка и устройства въездов, следует использовать челночную схему движения. На рис. II-1, а, б приведены схемы производства работ с разворотом катка на участке (рис. II-1, а) и со съездом (рис. II-1, б).

Количество ходов катка на пневмоколесном ходу по одной полосе может быть ориентировочно принято 2—3 для песчаных грунтов, 3—4 для супесчаных грунтов и 5—6 для суглинистых и тяжелосуглинистых грунтов.

Уплотнять грунт самоходным катком обратной засыпки в стесненных условиях рекомендуется по схеме, указанной на рис. II-2. При этом уплотняемый грунт разравнивают малогабаритным бульдозером, а в особо стесненных условиях — вручную. Грунт вначале уплотняют трамбовками по обеим сторонам фундамента на ширину 0,8 м от его обреза, а затем ходами катка —

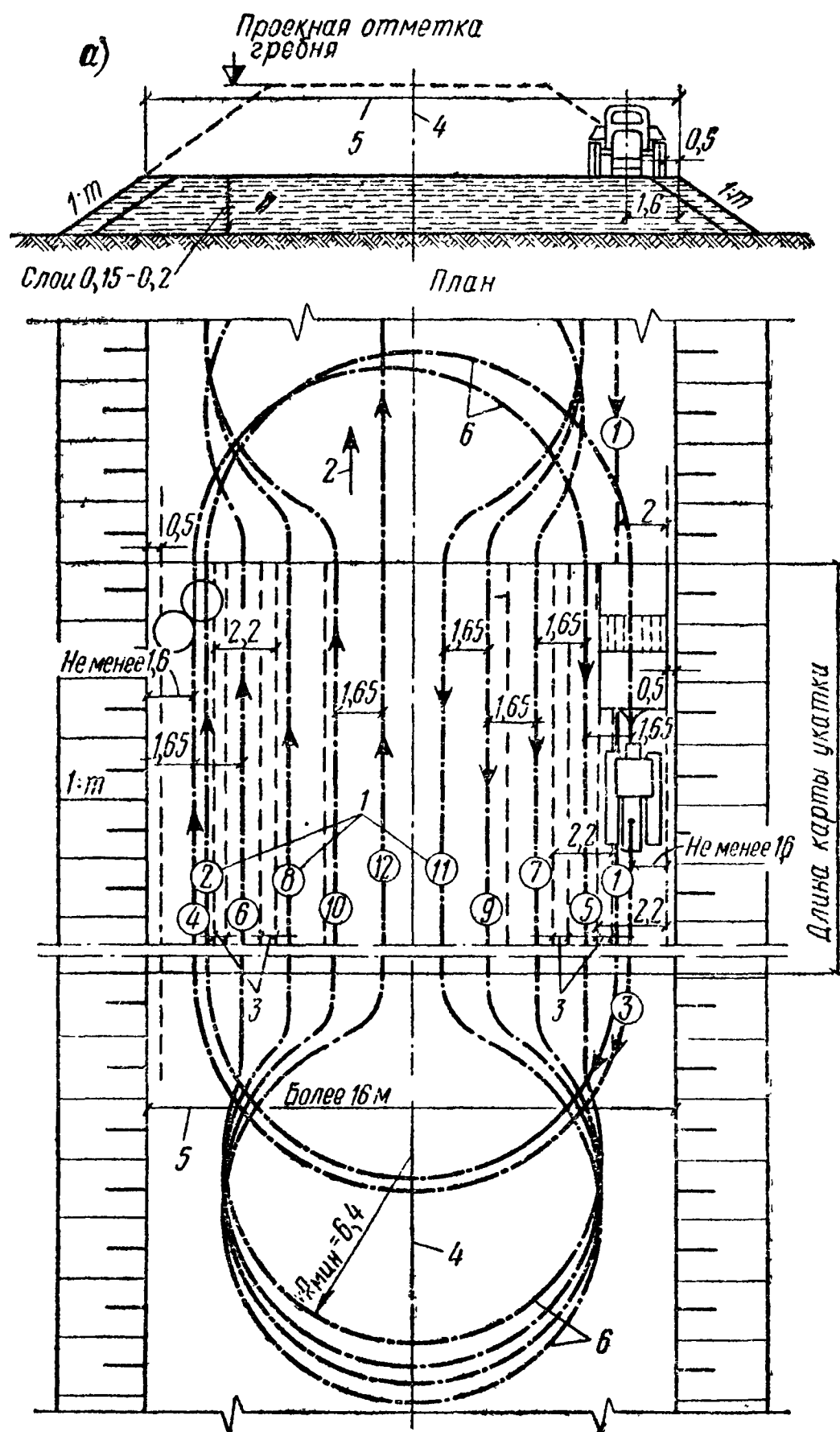
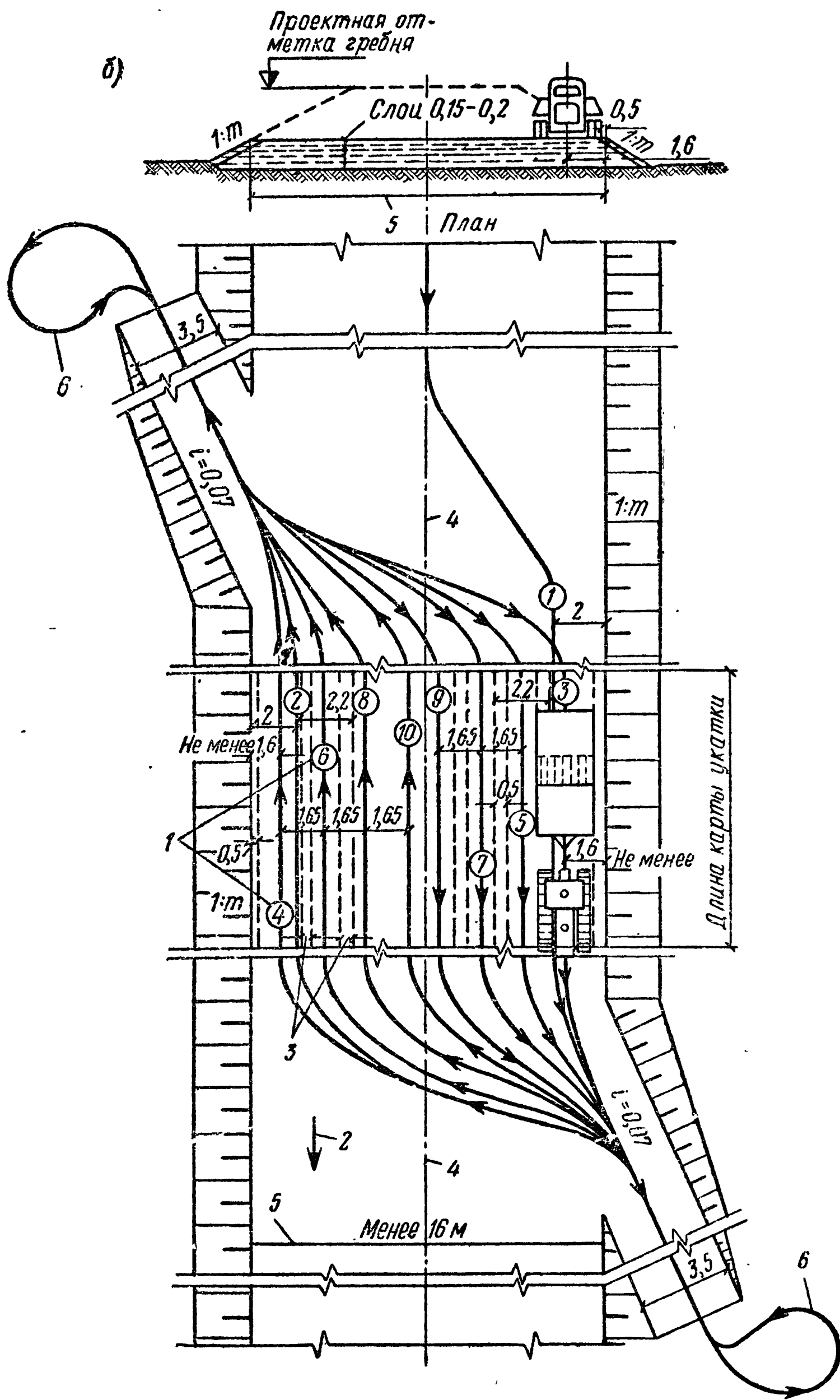


Рис. II-1. Схема производства работ по уплотнению грунтов катками
 а — при развороте катка на участке; б — при развороте катка со съездом с участка; 1 — оси, номера и направления проходов катка; 2 — общее направление работ на укатке; 3 — перекрытие полос при укатке; 4 — ось насыпи; 5 — ширина насыпи; 6 — разворот катка; 1 : m — крутизна откосов насыпи



челночным способом — полосами, перекрывающими одна другую на 0,1 м.

На рис. II-3 приведена схема производства работ по уплотнению основания под фундаменты зданий и сооружений самоходным катком.

Уплотнять грунт можно и транспортными средствами.

Послойная отсыпка грунта, его разравнивание и уплотнение, а также движение транспортных средств по спланированному слою возможны при кольцевой езде машин или с разворотом их на насыпи. С этой целью необходимо разде-

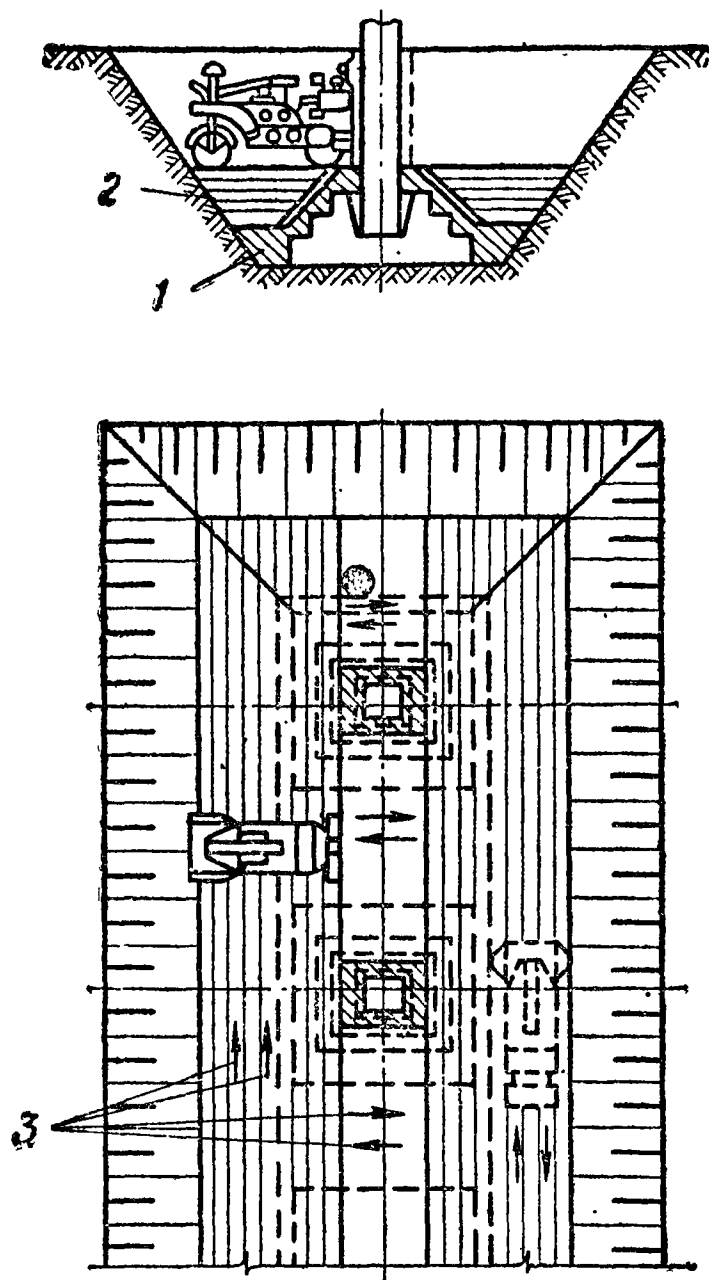


Рис. II-2. Схема работ по уплотнению грунтов обратной засыпки самоходным катком

1 — зона уплотнения грунта трамбующей машиной; 2 — зона уплотнения грунта малогабаритным катком; 3 — направление движения катка

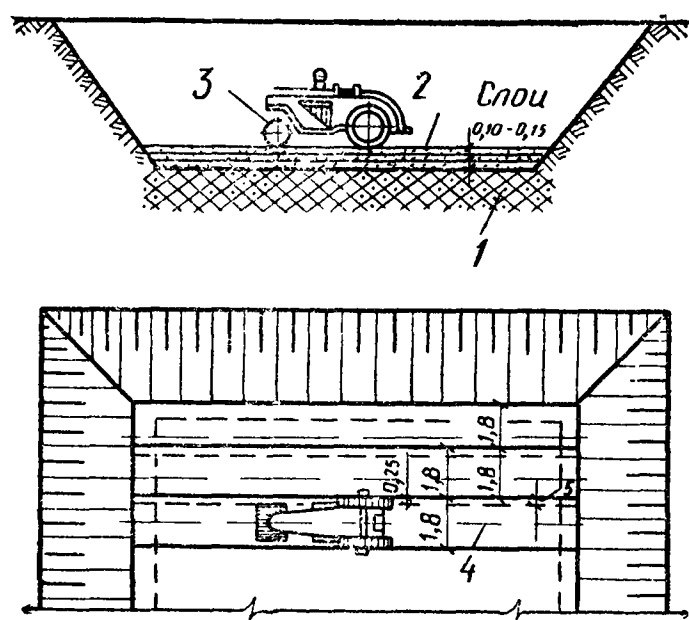


Рис. II-3. Схема производства работ по уплотнению основания фундаментов под здания и сооружения самоходным катком

1 — уплотненный грунт; 2 — уплотняемая песчаная подушка; 3 — малогабаритный самоходный каток; 4 — ось движения катка; 5 — перекрытие катком смежного уплотняемого слоя грунта

лить насыпь на две равные полосы. Автосамосвалы, двигаясь равномерно по всей ширине одной полосы, разгружают грунт на другую полосу. После того как грунт будет завезен на первую полосу почти полностью (кроме последних 5—10 м), бульдозер разравнивает и планирует его. Затем автосамосвалы переезжают на другую полосу и т. д.

Рис. II-4. Схема отсыпки и уплотнения грунта автосамосвалом

I — зона отсыпки грунта;
II — зона движения самосвалов;
1 — направление движения груженых самосвалов;
2 — подача автосамосвалов под разгрузку;
3 — отсыпка грунта;
4 — выравнивание грунта бульдозером

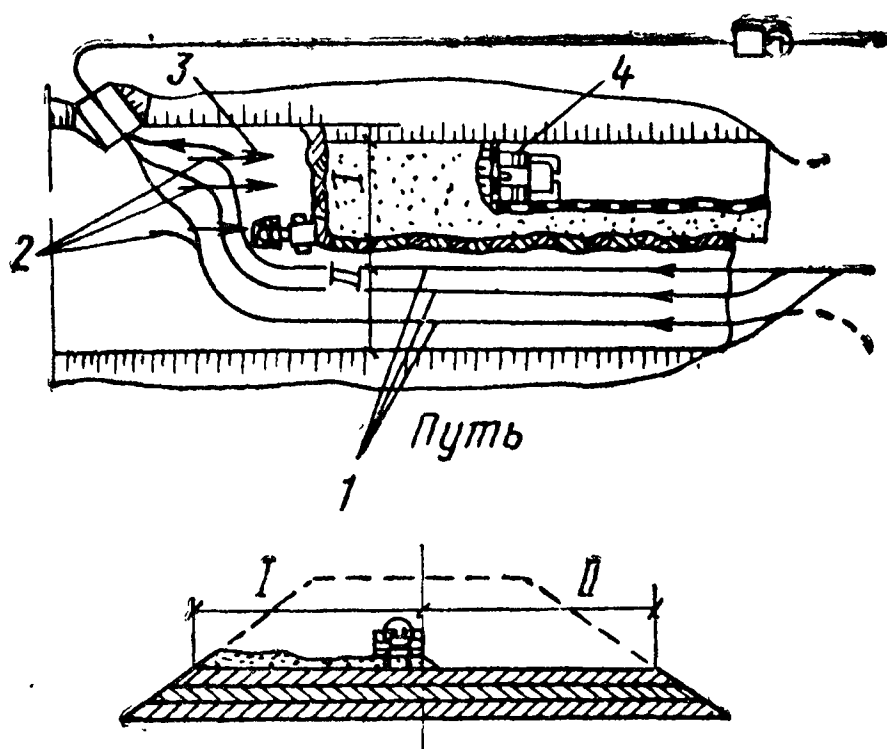


Схема отсыпки и уплотнения насыпи автосамосвалами приведена на рис. II-4.

3. Технология уплотнения грунтов трамбованием

Трамбующие машины обеспечивают эффективное уплотнение связных и несвязных грунтов, в том числе крупнообломочных, а также сухих комковатых глин. Уклон поверхности уплотняемого слоя грунта машинами Д-471Б и ЦНИИС-РРМЗ не должен превышать в поперечном направлении 9% и в продольном 18%. Трамбующие машины Д-471Б для предотвращения их от сползания должны уплотнять грунт на расстоянии не менее 0,6 м от откоса с уменьшением высоты падения плит от 0,5—0,75 м. Если плотность грунта, полученная при этом, окажется недостаточной, необходимо увеличить количество проходов машин по тому же следу.

Уплотнение грунта трамбующей машиной Д-471Б должно осуществляться ударами плит по схеме, приведенной на рис. II-5.

Уплотнение грунта машиной ЦНИИС-РРМЗ следует производить последовательными проходами не менее чем в 0,5 м от бровки с перекрытием предыдущего прохода на 0,1—0,2 м. Уплотнять грунт рекомендуется отдельными полосами, равными 0,9 диаметра круглой плиты. По окончании уплотнения полосы до проектной плотности экскаватор передвигается на новую стоянку.

После уплотнения трамбующими машинами необходимо удалять верхний слой грунта, разрыхленный трамбованием, толщина которого составляет не более 0,15 м,

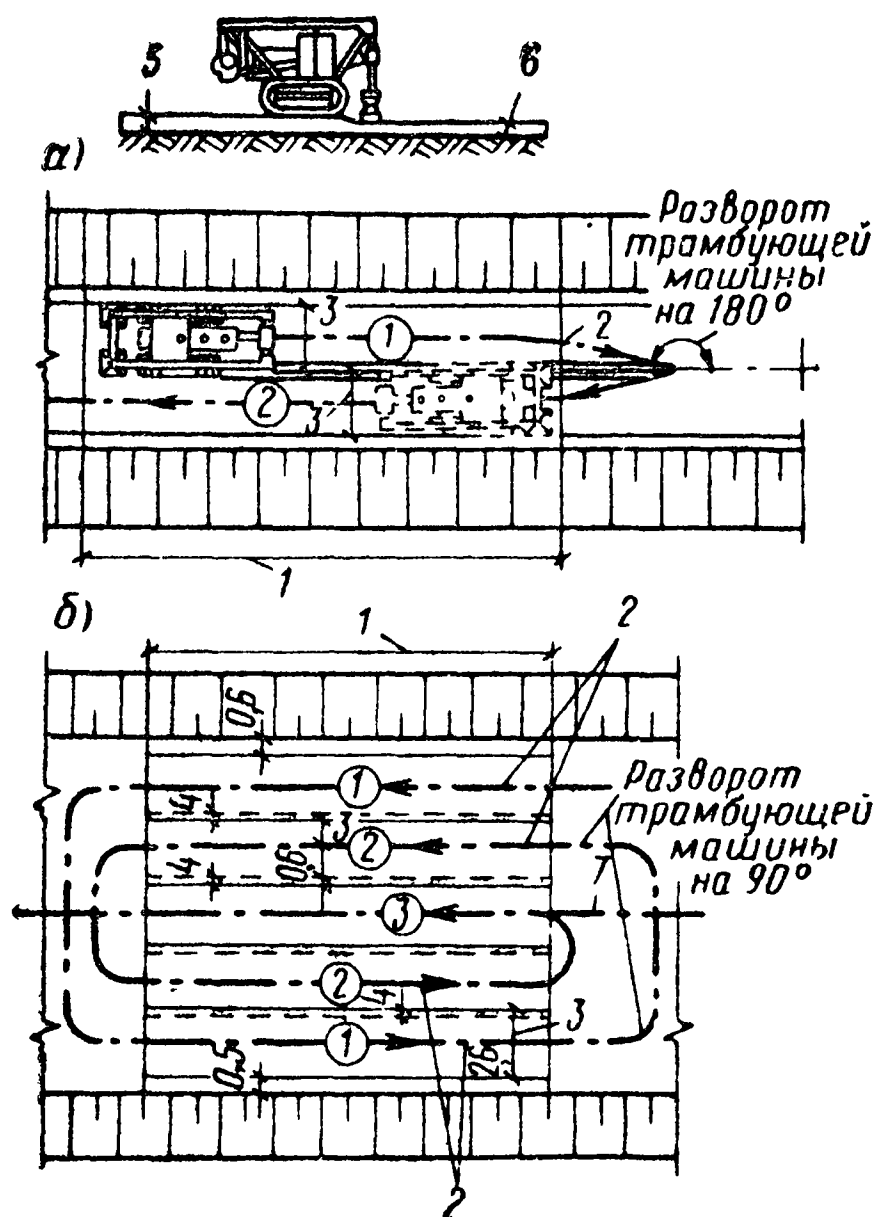


Рис. II-5. Схема работ по уплотнению грунта трамбующей машиной Д-471Е

а — при ширине участка д 6 м; б — при ширине участка более 6 м; 1 — уплотняемый участок; 2 — направление движения трамбующей машины; 3 — ширина уплотняемой полосы; 4 — перекрытие полос уплотнением; 5 — толщина уплотняемого слоя; 6 — толщина уплотненного слоя; 1, 2, 3 — последовательность прохода трамбующей машины. Стрелками показано движение трамбующей машины

или этот слой уплотняют механическими трамбовками. Последовательность уплотнения грунтов механическими трамбовками при обратной засыпке пазух котлованов вблизи фундаментов и траншей после прокладки подземных коммуникаций показана на рис. II-6.

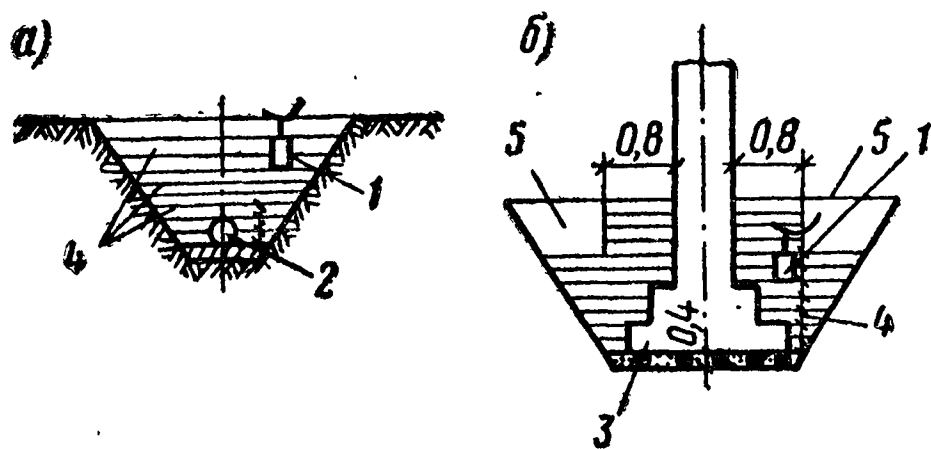


Рис. II-6. Схема уплотнения грунта трамбовками

а — в траншеях после прокладки подземных коммуникаций; б — в траншеях и котлованах вблизи фундаментов; 1 — трамбовка; 2 — трубопровод; 3 — фундамент; 4 — слой грунта по 0,1—0,2 уплотняемые трамбовкой; 5 — участок, уплотняемый другими механизмами

Грунт предварительно должен быть разровнен слоем толщиной 0,1; 0,2 м. Для первого прохода трамбовки на шток рабочего органа надевают башмак с большой площадью подошвы, для последующих проходов и пользуются башмак с меньшей площадью подошвы. Грунт

следует уплотнять полосами, которые перекрываются последующими проходами на 5 см.

4. Технология уплотнения грунтов вибрированием

Для уплотнения несвязных и малосвязных (не содержащих глинистых фракций более 6%), а также песчано-гравелистых грунтов применяют вибрирование.

Самопередвигающиеся машины используют при уплотнении несвязных грунтов, отсыпаемых слоями до 0,8 м на прямолинейных участках небольшой длины, захватками в пределах 50—100 м.

Метод глубинного виброуплотнения грунта основан на способности последних переходить в плотное состояние под влиянием вибрации. Этот метод получил распространение при устройстве песчаных оснований на строительстве сооружений различного назначения. Сущность его состоит в выполнении гидровибрационной установкой следующих операций рабочего цикла:

1. Вибратор, подвешенный к несущей конструкции установки, располагают вертикально над местом погружения, затем включают его электродвигатель и подают к нижнему соплу воду под давлением 0,3—0,6 МПа.

2. Под действием собственного веса вибратор погружается на заданную глубину. В зависимости от режима работ вибратора, его характеристики и свойств грунта скорость погружения составляет 1—2 м/мин. В процессе погружения вибратора грунт предварительно уплотняется, что вызывает его осадку с образованием воронки вокруг места погружения.

3. После погружения вибратора на заданную глубину нижнее сопло для подачи воды следует перекрывать, т. е. направлять воду через верхнее сопло. Воронку вокруг места погружения засыпают песком.

4. По мере поступления воды через верхнее сопло вибратор извлекается остановками через каждые 30—50 см. Возникающую в процессе подъема вибратора воронку в грунте засыпают бульдозерами или другими механизмами.

5. Технология глубинного уплотнения слабых грунтов песчаными и бумажными дренами

При строительстве жилых и промышленных зданий и сооружений на слабых водонасыщенных грунтах

во многих случаях целесообразно и экономически выгодно применять предпостроечное уплотнение таких грунтов временной нагрузкой с использованием вертикальных дрен.

Технология уплотнения грунтов временной нагрузкой с применением песчаных дрен заключается в следующем. Производятся планировка площадки и устройство дренирующей подушки. Затем в грунт виброуста-

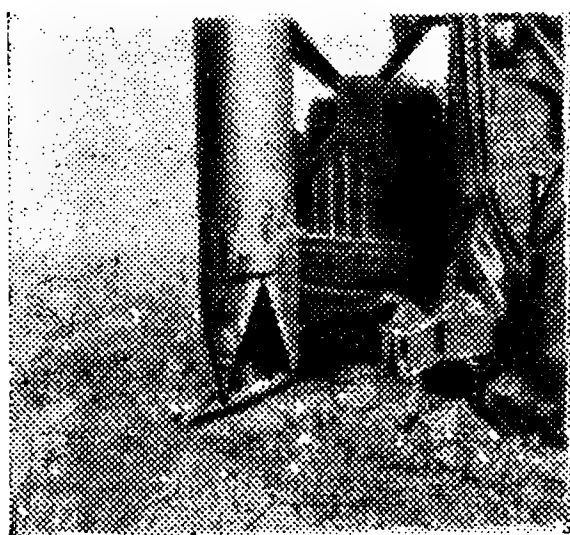


Рис. II-7. Инвентарный самораскрывающийся наконечник

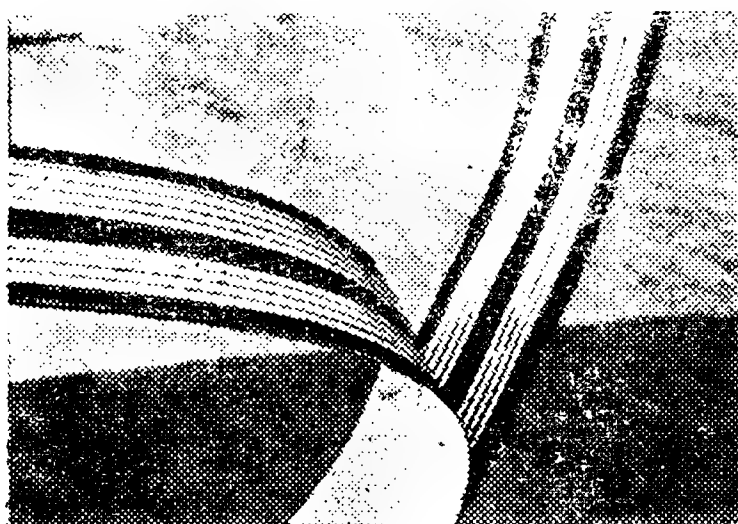


Рис. II-8. Бумажная дрена

новкой должна погружаться обсадная труба (длиной 10 м и диаметром 426 мм) с инвентарным наконечником (рис. II-7). В погруженную на заданную глубину трубу погрузчиком-бульдозером через бункер должен быть загружен песок-заполнитель с одновременной заливкой его водой и вибрированием трубы. После заполнения песком трубу следует извлекать из грунта, оставляя в уплотненном грунте столбик песка (дрену), и виброустановка должна перемещаться на новую точку для изготовления новой дрены.

По окончании изготовления дрен на дренированную площадь следует завести грунт, который бульдозером должен укладываться в слой расчетной толщины, выполняющий роль временной обжимающей нагрузки уплотняемого массива. По окончании уплотнения, длящегося 3—5 месяцев, временная нагрузка должна быть удалена и можно приступать к возведению фундаментов.

Для эффективного контроля качества изготовления дрен применяются зондирующая установка и сдвиговой

лопастной прибор. Контроль осадок уплотненного грунта следует производить нивелированием поверхностных и глубинных марок.

В практике японского строительства в последние годы для уплотнения слабых водонасыщенных грунтов широко применяются бумажные дрена. Метод уплотнения грунтов бумажными дренами в принципе аналогичен уплотнению грунтов временной нагрузкой с использованием вертикальных песчаных дрен, но отличается от последнего тем, что в качестве дрена используется бумажная лента. Бумажная дрена поставляется в рулонах длиной по 400 м, шириной 100 мм и толщиной 3 мм. Она склеена из двух полос, на внутренних сторонах которых выдавлено 10 каналов сечением по 3 мм² (рис. II-8). Такая дрена в виде рулона транспортируется на строительные площадки. Погружение дрена в грунт до 20 м осуществляется специальной машиной.

6. Общие положения по устройству обратных засыпок в пазухах котлованов

Обратная засыпка пазух котлованов должна производиться сразу после сооружения фундаментов, а обратная засыпка пазух стен подвалов — после устройства перекрытий над подвалом.

Во избежание попадания поверхностных вод в пазухи котлованов уплотнение грунта рекомендуется выполнять немедленно после засыпки его в пазухи. Засыпка грунта в пазухи котлованов и его уплотнение должны производиться послойно. При этом следует применять пневмо- и электротрамбовки, трамбуемое и вибро-трамбуемое навесное малогабаритное оборудование. Засыпаемый в пазухи грунт не должен содержать органических включений.

Засыпку траншей из скальных грунтов и уплотнение их после укладки трубопроводов следует выполнять после присыпки трубопроводов на высоту 0,2 м песком или местным грунтом, не содержащим крупных включений. Механизированное сбрасывание грунта в траншею можно осуществить только после подбивки пазух

трубопроводов и присыпки труб грунтом. Набивку пазух следует производить слоями грунта толщиной не более 10 см.

Во избежание повреждения фундаментов грунт вокруг них в стесненных местах должен быть уплотнен механическими трамбовками на ширину 1 м от обрезов фундаментов или других подземных сооружений и на высоту не менее 0,4 м над верхом фундамента. В этих местах запрещается уплотнять грунт ближе чем на 1 м от обреза фундаментов трамбующими и вибротрамбующими машинами.

Если размеры пазух недостаточны для применения высокопроизводительных уплотняющих машин, то пазухи и траншеи уширяются до необходимых для этих машин размеров при соответствующем согласовании с заказчиком и проектной организацией.

Пазухи, расположенные ниже уровня грунтовых вод, засыпаются песком с коэффициентом фильтрации не менее 5 м в сутки.

7. Производство земляных работ в зимнее время

Подготовка оснований в зимнее время должна выполняться с проведением дополнительных мероприятий, к которым относятся: недобор грунта, утепление его и оттаивание замерзшего грунта.

Разработка котлованов и траншей в зимнее время должна производиться сразу же после снятия утепляющего материала. Если же грунт промерз на глубину 0,25—0,4 м, то его разрабатывают без какой-либо предварительной подготовки; при глубине промерзания более 0,4 м грунт должен быть предварительно разрыхлен или оттаян.

Засыпка пазух фундаментов в зимнее время должна производиться с соблюдением следующих требований:

применять мерзлый грунт не допускается;

влажность грунтов не должна превышать 50% предела текучести;

нельзя засыпать пазухи во время сильных метелей и снегопадов.

Интенсивность засыпки пазух в зимнее время должна исключать образование мерзлой корки на ранее отсыпанном слое.

Ниже приводятся ориентировочные показатели смерзания грунтов.

Температура воздуха, °С	—5	—10	—20	—30
Период смерзания, мин	90	60	40	20

Для уплотнения грунта в зимних условиях следует использовать преимущественно трамбующие машины или плиты тяжелого типа.

Песчаные подушки под фундаментами здания устраивают, как правило, в теплое время года, в зимнее время запрещается укладывать смерзшиеся комья грунта, льда и снега. Предварительно разрыхленные скальные грунты, гравий, щебень, крупный и средней крупности песок — это грунты, применяемые в зимних условиях без ограничения для насыпей.

Несвязные грунты укладывают и уплотняют так же, как в летнее время, причем они не требуют дополнительного увлажнения.

Глинистые грунты можно использовать для насыпей, если влажность их не превышает границы раскатывания. Допускается применение также мелких и пылеватых песков.

Отсыпка насыпей из жирных глин, меловых, тальковых и трепельных грунтов запрещается. Ниже приведена зависимость времени выемки грунта и его уплотнения от температуры наружного воздуха.

Время, затрачиваемое на разработку, транспор- тирование и укладку в насыпь, ч	2—3	1—2	Менее 1
Температура наружно- го воздуха, °С	2—10	10—20	20—30

При ветреной погоде эти значения надо уменьшить в 2 раза. Температура талого грунта в момент окончания уплотнения должна быть не ниже 2° С.

Выпавший снег необходимо удалять с поверхности земляного сооружения.

Лучшим способом уплотнения грунтов в зимнее время является трамбование, при котором можно вести отсыпку грунта наиболее толстыми слоями и укладывать в насыпь более крупные куски мерзлого грунта.

1. Общие сведения

Выбор уплотняющих машин зависит от характеристики грунта, объема и фронта работ. Для уплотнения связных грунтов и большом фронте работ следует применять катки на пневматических шинах, кулачковые катки, трамбующие и вибротрамбующие машины. Несвязные грунты уплотняются вибрационными катками.

При устройстве грунтовых подсыпок под полы и обратных засыпок целесообразно применять небольшие самоходные катки, трамбующие машины и трамбовки. В дождливое или зимнее время лучше использовать трамбующие машины или плиты. Уплотнение грунтов трамбованием на расстоянии ближе, чем 2 м от здания, должно производиться только вручную.

По расположению рабочего органа относительно грунта различают машины поверхностного и глубинного уплотнения. По способу передвижения машины классифицируются на прицепные, полуприцепные, самоходные навесные.

2. Машины ударного действия

Уплотнение грунтов трамбованием в настоящее время широко применяется. Нередко для уплотнения грунтов на строительных площадках используют экскаваторы-краны, снабженные подвесными трамбующими плитами. Однако употребление таких сложных и дорогостоящих машин экономически не оправдано, кроме того, при выполнении операций трамбования резко повышается износ деталей машин, замена и ремонт которых дополнительно удорожают производство работ. В этой связи целесообразно применять на работах по трамбованию специальные машины. В качестве базовой машины для них обычно используют гусеничные тракторы. Базовую машину оборудуют металлической конструкцией и системой механизмов для подвешивания и передвижения трамбующей плиты (рис. II-9).

Краткая техническая характеристика трамбующих машин ударного действия, выпускаемых отечественной промышленностью, приведена в табл. II-1.

В процессе работы механизмы машины поднимают и автоматически сбрасывают на грунт с установленной высоты трамбуемую плиту. Энергия удара последней определяется ее весом и высотой сбрасывания. Следует отметить, что трамбующие плиты, являющиеся сменным оборудованием экскаваторов и полноповоротных кранов, изготовляют весом 10 000 Н и более. Плиты поднимают обычно на высоту 1—2 м (при уплотнении просадочных грунтов на высоту 3—4 м) и при падении несколькими ударами уплотняют грунт на глубину 0,8 м и более.

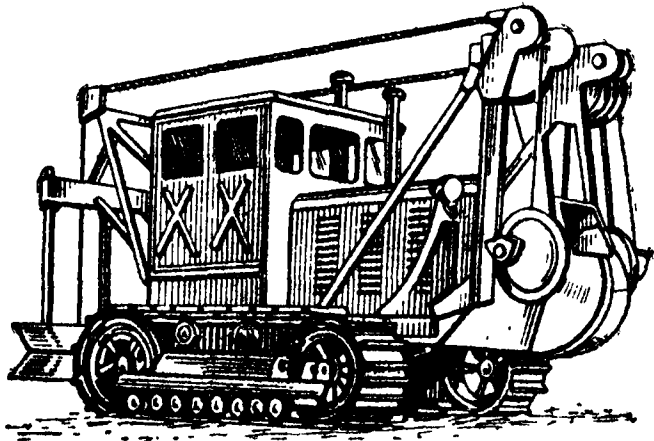


Рис. II-9. Трамбующая машина

Трамбовки предназначены для уплотнения грунтов в стесненных и неудобных местах при засыпке котлова-

Таблица II-1

Техническая характеристика трамбующих машин

Показатель	Марка машины		
	Д-471В	ЦНИИС-РРМЗ	СТУД-2
Тип базовой машины	Трактор Т-100ПП	Трактор С-100	Трактор С-100
Число плит	2	5	1
Ширина плиты, мм	1100	—	—
Длина плиты, мм	900	—	—
Вес одной плиты, Н	13 000	5120	—
Высота подъема плиты, мм	1 100	—	1000—4000
Наибольшая энергия удара, Дж	11 000	1385	—
Рабочая скорость движения машины, м/ч	80—200	59—185	—
Глубина уплотнения, м	0,8—1,2	1—1,2	1,5
Ширина уплотняемой полосы, м	2,6	2,83	—
Максимально допустимый уклон, град	7	7	—
Число ударов в 1 мин	16—18	68—72	8—10
Вес, Н:			
без трактора	65 000	82 000	30 000
с трактором	175 000	197 000	145 000

нов, траншей и ям. Техническая характеристика трамбовок, серийно выпускаемых Даугавпилским заводом электроинструмента, приведена в табл. II-2.

Т а б л и ц а II-2

Техническая характеристика трамбовок

Показатель	Марка трамбовки					
	ИЭ-4501	ИЭ-4502	ИЭ-4503	ИЭ-4504	ИЭ-4505	ИЭ-4506
Вес, Н	750	145	150	1500	220	750
Число ударов в 1 мин	560	600	550	550	550	550
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	0,27	0,27	3	0,6	1,5
Размеры трамбующего башмака, мм	350×450	Ø 150	Ø 150	500×460	Ø 200	420×380

В некоторых конструкциях трамбующих машин (трамбовок) удар по грунту реализуется за счет энергии взрыва горючей смеси, периодически воспламеняющейся в камере сгорания. Дизель-трамбовки, работающие по этому принципу, навешиваются, например, на трактор (см. характеристику машины ЦНИИС-РРМЗ в табл. II-1). Дизель-трамбовки, установленные на подвесной раме, наносят удары плитам, скользящим по грунту. Небольшие по весу трамбовки взрывного действия удобны при работах в стесненных условиях строительных площадок. Для уплотнения грунтов при строительстве фундаментов легких зданий, на работах по засыпке траншей и т. п. применяют пневматические и электрические трамбовки. Характеристики отечественных пневматических трамбовок приведены в табл. II-3, а электрических — в табл. II-4.

Для уплотнения насыпей в стесненных условиях может быть использована машина треста Центрстроймеханизация, смонтированная на бульдозере Д-535 с трамбующим оборудованием (рабочим органом), оснащенным вибромолотом.

Т а б л и ц а II-3

**Техническая характеристика ручных
пневматических трамбовок**

Показатель	Марка трамбовки	
	1Р-1	И-157
Вес, Н	115	410
Рабочее давление воздуха, МПа .	0,5	0,6
Число ударов в 1 мин	650	600
Энергия удара, Дж	—	110
Производительность, м ³ /смену . .	45	90
Габариты, мм:		
длина	80	615
ширина	80	490
высота	1200	875

Т а б л и ц а II-4

**Техническая характеристика
электрических трамбовок**

Показатель	Марка трамбовки					
	С-690	С-690А	И-132	С-957	ЭТУМ	ВТН-2
Вес, Н	215	215	2000	600	270	950
Число ударов в 1 мин	550	550	437	—	570	705
Общая мощность, кВт	0,6	0,6	2,8	1,5	0,4	—
Габариты, мм:						
длина	262	227	1410	390	630	867
ширина	435	390	650	660	420	380
высота	900	855	1310	960	1100	900
Максимальная глубина уплотнения, м	0,3	0,3	—	—	0,8	0,4
Производительность, м ³ /ч	1,5	10	—	40	—	3

3. Вибрационные машины

Для послойного уплотнения грунтов получили распространение вибрационные машины и катки, снабженные вибраторами дебалансного и бегункового типа. Колебания, возбуждаемые вибраторами, могут быть направленными.

Применяемые вибрационные самопередвигающиеся машины уплотняют грунт за счет результирующей центробежных сил противоположно вращающихся дебалансов. При вертикальном направлении результирующей центробежных сил машина работает на месте, при наклонном — перемещается по уплотняемому грунту. Механизмы позволяют регулировать движение машины по грунту, а также поворачивать ее при движении или на месте. Двигатель с подmotorной рамой и механизмами управления закреплен с помощью амортизирующих пружин над плитой, перемещающейся по грунту.

Общим недостатком самопередвигающихся виброплит является то, что они чрезвычайно чувствительны к уклону местности; при незначительном понижении уплотняемой поверхности они, перемещаясь под уклон, отклоняются от заданного направления, техническая характеристика их приведена в табл. II-5.

Таблица II-

Техническая характеристика вибрационных самопередвигающихся плит

Показатель	Марка вибрационных плит			
	Д-604	Д-605	Д-639	Д-368Б
Вес плиты, Н	1 250	2 500	7 500	20 000
Частота колебаний в 1 мин	3 500	3 500	2 000	1 120
Возмущающая сила, Н	11 800	28 000	32 000	70 000
Мощность двигателя, л. с.	6	6	10	16
Площадь плиты, м ² .	0,18	0,23	0,5	1,6
Габариты, мм:				
длина	1200	1200	2600	1955
ширина	570	700	850	1185
высота	900	900	1100	1520
Максимальная глубина уплотнения, м	0,2	0,4	0,6	0,6

Принципиальная схема устройства ручных, прицепных и крановых виброплит не имеет существенных отличий от самопередвигающихся.

Основным фактором, влияющим на уплотняемость грунтов вибрированием, является степень их связности: чем больше связность грунта, тем интенсивнее затухают колебания по глубине уплотняемого слоя. Поверхностное виброуплотнение грунтов оказывается рациональным и весьма эффективным только для несвязных и малосвязных грунтов, содержание глинистой фракции в которых не должно превышать 6%. Для глубинного виброуплотнения песчаных грунтов серийно изготавливается гидровибрационная установка С-629. Вибраторы ИВ-55, ИВ-56, ИВ-33, служащие для уплотнения бетона, при необходимости могут быть использованы для уплотнения песчаных грунтов.

Серийный выпуск вибрационных катков начат отечественной промышленностью с 1960 г., характеристика их приведена в табл. II-6 (см. стр. 44).

В табл. II-7 приведена техническая характеристика самопередвигающихся вибротрамбовок (см. стр. 46).

4. Машины для укатки

При подготовке оснований дорог, гидротехнических и других сооружений, т. е. при достаточно большой площади грунта, уплотнение его производят укаткой. Для этой цели применяют катки, которые своими вальцами или колесами на пневматических шинах, перекатываемыми с небольшой скоростью по поверхности грунта, уплотняют последний под действием веса машины. Отсыпку грунта и его уплотнение следует производить послойно. По конструкции разделяют катки на гладкие, кулачковые и на пневматических шинах. После прохода вальцами или колесами катка грунт получает некоторую остаточную деформацию и плотность его возрастает. На производительность катка оказывает влияние скорость передвижения. Установлено, что первый и два последних прохода катком целесообразно совершать на скорости 1,5—2,5 км/ч, промежуточные проходы, во избежание волнообразования, — на скорости не более 10 км/ч.

Таблица II-6

Техническая характеристика вибрационных катков

Показатель	Марка катка							
	Д-10	Д1-34	ДУ-25	Прицепные				Д-631А
				ДУ-14	ПВК-25	Д-603		
Самоходные								
Вес катка, кН:								
без балласта	15	60	36	30	60	60	120	
с балластом	17	80	40	—	—	—	—	
Количество валцов, шт.:								
ведущих	1	1	1	—	—	—	—	
направляющих	1	1	1	—	—	—	—	
вибрационных	1	1	1	1	2	1	1	
Ширина укатываемой поло-								
сы, мм	850	1000	1000	1400	2000	1800	1800	
Удельное давление валцов								
(при включенном вибраторе,								
без балласта), МПа:								
ведущего	1,11	6	2,4	—	—	—	—	
ведомого	—	—	—	—	—	—	—	
вибрационного	0,9	2	1,6	2,16	3,25	—	6,66	
Диаметр валцов, мм:								
ведущего	730	1200	900	—	—	—	—	
ведомого	600	1000	800	—	—	—	—	
вибрационного	720	1000	900	1200	1060	1600	1800	

**Техническая характеристика
самопередвигающихся вибротрамбовок**

Показатель	Марка вибротрамбовки			
	ВIV 5	ВIV-4	ВIV-3	СВ1-3МП
Кинетический момент вибратора, Н·м	500	1000	1360	—
Амплитуда колебаний, мм	3—5	4—6	4—6	—
Возмущающая сила вибратора, кН	11	22,4	32	32
Мощность электродви- гателя, кВт	1	1,7	2,8	2,8
Число оборотов рото- ра двигателя в 1 мин .	1410	1420	1440	1420
Число электродвигате- лей	2	2	2	2
Глубина уплотнения связного грунта, см . .	25	35	50	30—50
Производительность, м³/смену	50	70	100	—
Габариты (без пуль- та), мм	360× ×410× ×300	500× ×428× ×450	705× ×550× ×640	500× ×925× ×500
Вес трамбовки, Н:				
без пульта	1000	2000	3500	3420
с дистанционным управлением (с пуль- том управления и кабелем)	1500	2650	4200	3700
Скорость перемещения на горизонтальном участ- ке, м/мин	3,7	3,3	2,7	3,8
Завод-изготовитель . .	Волжский центральный ре- монтно-механический завод			Куйбы- шевский опытно- экспери- менталь- ный завод

Гладкие и кулачковые катки буксируют гусеничными тракторами. Катки на пневматических шинах могут быть самоходными, полуприцепными к колесным тягачам и прицепными к гусеничным тракторам. Наибольшая производительность достигается при работе кулачковых катков и катков на пневматических шинах (рис. II-10).

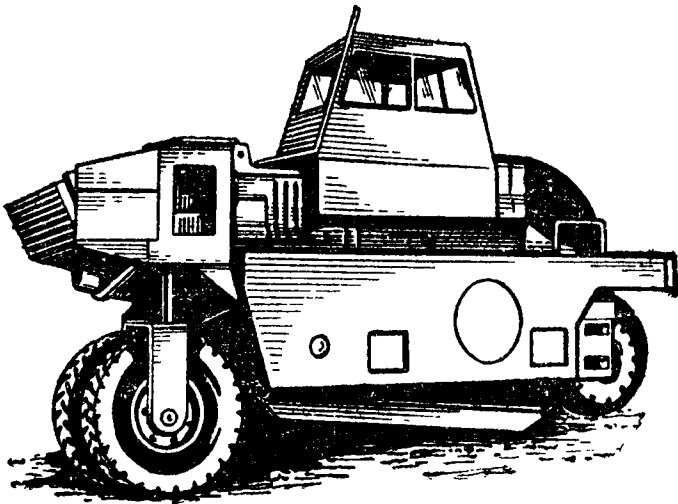


Рис. II-10. Каток на пневматических шинах

Т а б л и ц а II-8

Техническая характеристика кулачковых катков

Показатель	Марка катка	
	Д-130Б	Д-220
Диаметр вальца, мм .	1240	2400
Ширина вальца и уплотняемой полосы, мм	1510	2730
Высота кулачка, мм .	188	400
Количество кулачков .	128	150
Удельное давление на грунт, МПа:		
с полным балластом	5,7	7,5
без балласта . . .	3,7	8,44
Габариты, мм:		
длина	3720	7810
ширина	1938	3204
высота	1610	3224
Вес катка, кН:		
без балласта . . .	37,4	133
с балластом . . .	55,2	29
Количество проходов для уплотнения	6—10	4—6
Глубина уплотнения, см	До 40	50—60
Буксирный трактор .	Д1-54 или Д1-75	1-140 или ДЭ1-250

Следует, однако, отметить, что кулачковые катки не рекомендуется применять при укатке несвязных грунтов, так как они своими кулачками глубоко (до 0,5 высоты кулачка) разрыхляют поверхностный слой. В табл. II-8 и II-9 приведены типоразмеры этих катков.

Кулачковый каток представляет собой полый барабан диаметром 1—2,5 м, к наружной поверхности которого приварены уплотняющие кулачки. Для буксировки катка трактором рама имеет дышло. Со стороны цилиндрической поверхности барабана рама несет на себе зубья, входящие как гребенка в междурядье кулачков

Таблица II-9

Техническая характеристика катков
на пневматических шинах

Показатель	Марка катка			
	ДСК-1	Д-263	Д-326	Д-551А
Тип одноосного катка	Прицепной		Полуприцепной	
Крепление колесных осей	Жесткое		Жесткое с независимой подвеской	
Количество колес . .	6	6	5	4
Тип шин	14—20	14—20	18—28	21—28
Давление воздуха в шинах, МПа	0,5—0,6	0,5—0,6	0,4	0,2—0,4
Ширина укатываемой полосы, м	3,07	2,65	3,3	2,8
Габариты, мм:				
длина	5200	7260	6780	9675
ширина	3250	3290	3900	3230
высота	2080	2210	2600	3050
Вес катка, кН:				
с балластом	265	250	420	380
без балласта	—	50	130	204
Число проходов по одному следу	4—6	6—8	4—6	2—6
Глубина уплотнения, см	До 35	25—30	До 40	До 60
Буксирные машины .	Трактор С-100	Трактор С-100	Трактор Т-140	Одноосные тягачи МАЗ-529В и МАЗ-546

барабана. Катки могут иметь один барабан или сдвоенный. Высота кулачков обычно составляет 190—300 мм, у тяжелых катков — 400—600 мм. Среднее соотношение диаметра барабана и высоты кулачков 5—7.

За рубежом при уплотнении грунтов широко используют самоходные, полуприцепные и прицепные катки. Катки на пневматическом ходу получили в последнее время повсеместное применение. Особенно распространены катки с нагрузкой на колесо до 2,5 кН. Кулачковые катки весом 60—180 кН получили наибольшее распространение. Ряд фирм выпускает катки весом 300 кН и больше. В США новинками техники являются самоходные кулачковые катки весом до 550 кН с двумя, тремя и четырьмя ведущими вальцами, которые имеют индивидуальный привод от двигателя. В ФРГ изготавливают прицепные кулачковые виброкатки весом 55, 58 и 85 кН.

В США для уплотнения грунтов в траншее для трубопровода в тех случаях, когда трасса проходит под усовершенствованным дорожным покрытием, применяют специальный кулачковый каток. Он состоит из двух барабанов, диаметр одного барабана 600 мм, вес каждого из них без балласта 5,25 кН и с балластом 9,10 кН.

5. Машины для погружения песчаных и бумажных дрен

В качестве базовой машины для изготовления песчаных и бумажных дрен обычно используется кран-экскаватор. Базовая машина (рис. II-11) обеспечивает подвижность и проходимость ее по строительной площадке. В случае отсутствия на стройплощадке электроэнергии в качестве базовой машины может быть использован агрегат ВВПС-32/19 с собственным источником питания.

Навесное оборудование к крану состоит из удлиненной направляющей стрелы вибропогружателя и обсадной инвентарной трубы с металлическим бункером в верхнем конце трубы и лепестковым инвентарным самораскрывающимся наконечником в нижнем. Техническая характеристика вибропогружателей приведена в табл. II-10. Для загрузки песка в обсадную трубу применяется погрузчик-бульдозер. Управление всеми рабочими органами сосредоточено в кабине экскаватора или

трактора, где кроме системы рычагов управления смонтирована также система управления вибропогружателем и механизмами лебедки. На рабочем месте имеется шкаф с электроприборами, позволяющими контролировать правильность режима работы вибропогружателя и генератора.

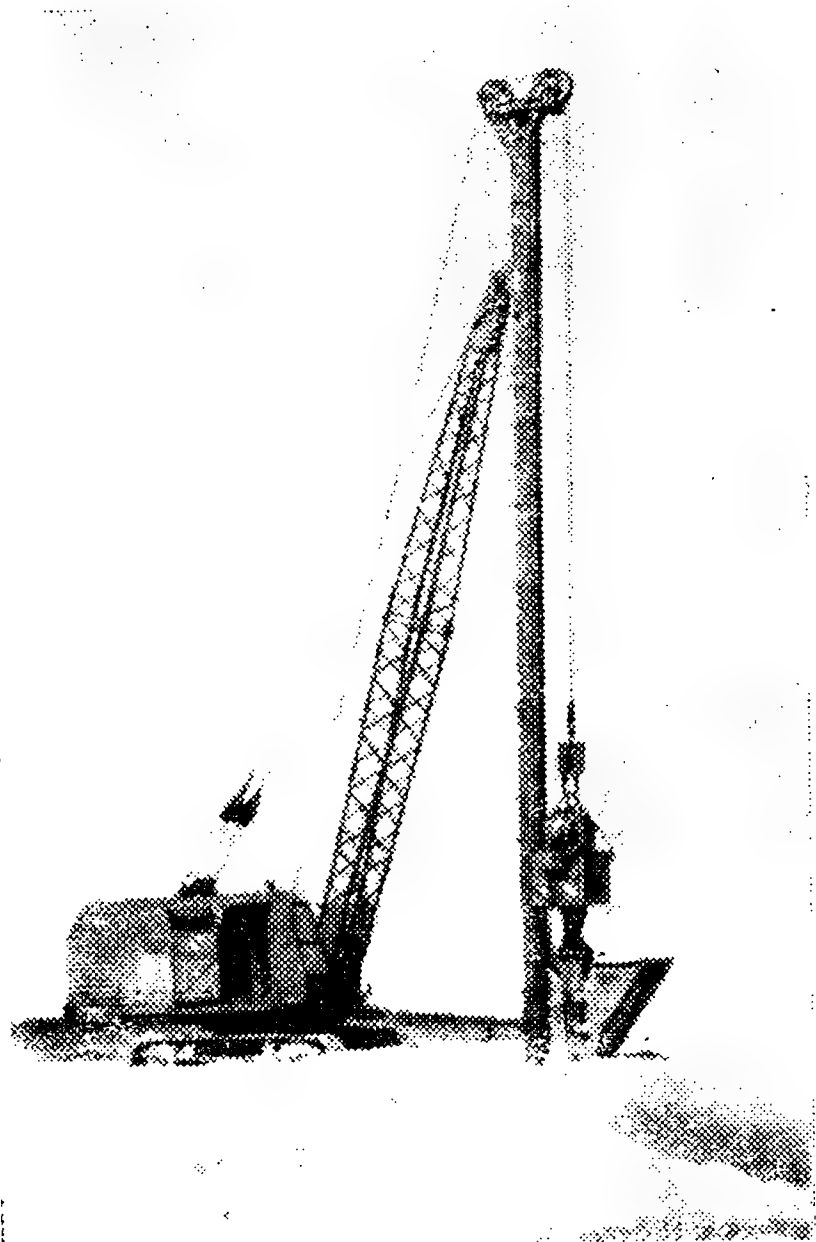


Рис. II-11. Кран-экскаватор с навесным оборудованием

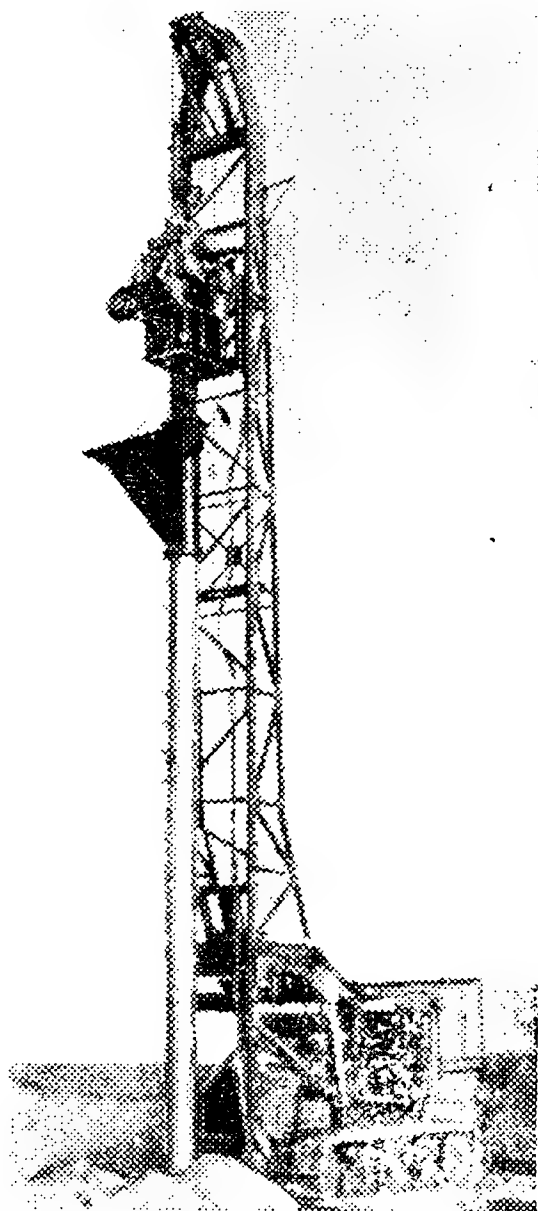


Рис. II-12. Вибровдавливающий агрегат с навесным оборудованием

Для устройства песчаных и бумажных дрен может быть использован погрузчик-бульдозер ДТ-442 Таллинского экскаваторного завода с емкостью ковша 1 м^3 .

Работы по изготовлению дрен производятся постоянным звеном в составе трех человек.

Производительность крана с навесным оборудованием по изготовлению песчаных дрен — 30—40 дрен за смену. Стоимость изготовления одной дрены диаметром 426 мм и длиной 10 м составляет ориентировочно 10—20 руб.

**Техническая характеристика
вибропогружателей для изготовления
песчаных дрен**

Показатель	Марка вибропогружателя	
	ВП-1	ВВПС-32/19
Статический момент дебаланса, Н·м	930	350
Частота вибраций, колеб/мин	420	850
Возмущающая сила, кН	185	280
Вес вибропогружателя, кН	45	41
Амплитуда колебаний, мм	20,4	21
Мощность электродвигателя, кВт	60	55
Количество дебалансных валов	4	4
Габариты, мм	1300×1240×2100	1270×800×1630

Применение указанного оборудования позволяет осуществить комплексную механизацию работ по изготовлению песчаных дрен.

В настоящее время для погружения бумажных дрен в Японии используются специальные машины двух моделей (ТД-20А и ТД-12), выпускаемые фирмой «Като» (рис. II-13), технические характеристики которых приведены в табл. II-11. Все механизмы машины смонтированы на гусеничном ходу, который обеспечивает высокую проходимость машины на довольно слабых грунтах при давлении на грунт, равном 0,07—0,08 МПа.

Машина имеет мачту решетчатой конструкции; на ней вертикально навешена трубчатая направляющая, в которой установлена обсадная труба. В обсадную трубу подается бумажная дрена, погружаемая вместе с трубой в грунт. Обсадная труба (рис. II-14) состоит из двух пластин длиной 20,5 м и шириной 150 мм, соединенных по бокам винтами впотай. Сечение обсадной трубы прямоугольное. В трубе имеются сквозные каналы, служащие для подачи воздуха в наконечник (ниж-

**Техническая характеристика погружателей
бумажных дрен фирмы «Като»**

Показатель	Модель	
	ТД-12	ТД-20А
Глубина погружения, м . . .	12	20
Усилие погружения, кН . . .	190	240
Производительность за 8 ч, шт.	До 400	До 300
Давление на грунт (под гусе- ницей), МПа	0,07	0,08
Скорость передвижения, км/ч	До 3,4	До 4,2
Скорость погружения обсад- ной трубы, м/мин	52	45,2
База, мм	4000	4400
Ширина гусеницы, мм	600	700
Длина мачты, м	13,7	23,3
Двигатель-дизель ХИНО:		
мощность при 1500 об/мин (часовая работа), Вт . . .	10,5·10 ⁴	10,5·10 ⁴
мощность при 1800 об/мин (часовая работа), Вт . . .	14,7·10 ⁴	14,7·10 ⁴
Воздушный компрессор:		
производительность, м ³ /мин	3,2	3,2
давление, МПа	0,7	0,7
Шаг дрен, м	0,75; 1; 1,5; 2; 2,5	0,75; 1; 1,5; 2; 3,5
Вес машины, кН	350	510
Габариты, мм:		
длина	7690	9060
высота	16 555	26 313
ширина	3100	3700

ную часть трубы). Воздух препятствует попаданию воды и грязи внутрь дрены.

Одновременным включением механизмов подачи обсадной трубы и бумажной дрены достигается синхронное движение последних вниз.

При извлечении обсадной трубы из грунта отключается механизм подачи дрены, чем обеспечивается неподвижность уже погруженной на заданную глубину дрены.

После подъема обсадной трубы на заданную высоту дрена отрезается механическим резак, управляемым машинистом. Управление резак может быть автоматическим. Для погружения очередной дрены включаются гидродвигатели, машина передвигается на расстояние, равное шагу дрены, и цикл работ повторяется.

На задних балках рамы машины смонтирован гидравлический подъемник — кран грузоподъемностью 2,7 т. Кран выполняет работы по смене рулонов и пр. Машина снабжена гидродомкратами для выравнивания ее на

Рис. II-13. Машина ТД-20А

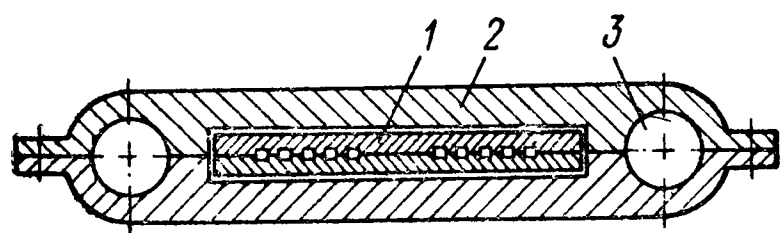
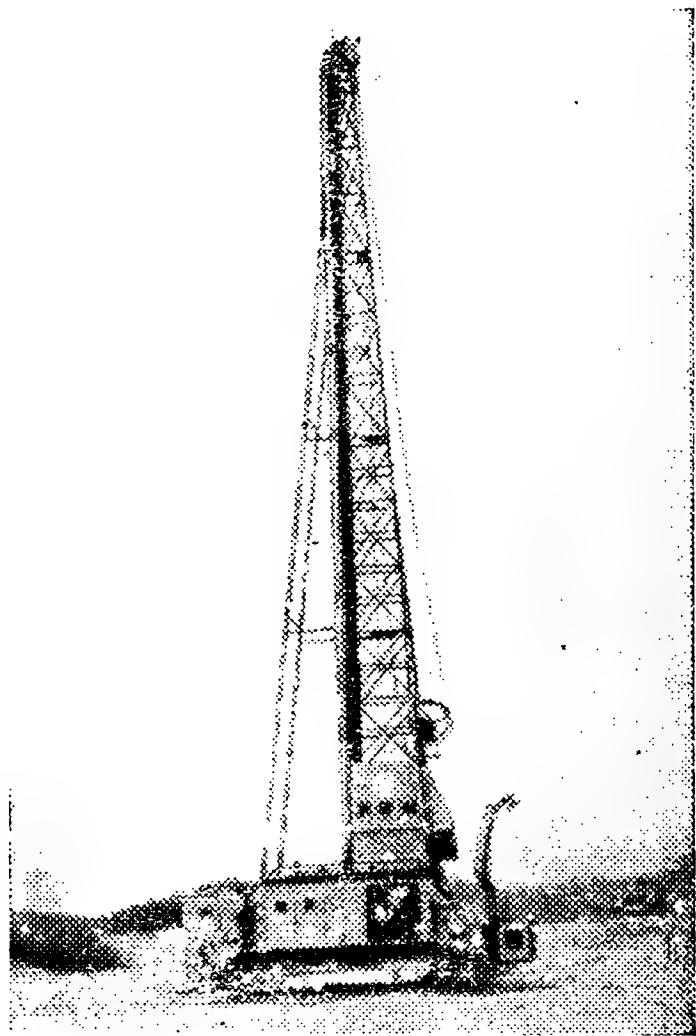


Рис. II-14. Обсадная труба для погружения бумажных дрин

1 — бумажная дрена; 2 — обсадная труба; 3 — воздушная трубка



неровностях площадки, для чего требуется специальный кран. Гидравлическая система с помощью четырех насосов обеспечивает работу механизмов передвижения машины, погружения и извлечения обсадной трубы, гид-

родомкрата, гидрокрана. Сжатый воздух используется для автоматического управления, отрезки бумаги и продувки обсадной трубы.

Если грунты, требующие консолидации, однородны по своему составу, то машина может автоматически управлять процессами вдавливания, подъема и перестановки.

§ 4. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УКЛАДКИ И УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ

При выполнении земляных работ грунт следует укладывать в сооружение с той плотностью, которая принята в проекте.

Достигнутое уплотнение грунта оценивают коэффициентом уплотнения, определяемым по формуле

$$K = \frac{\gamma_0}{\gamma_c},$$

где K — коэффициент уплотнения;

γ_0 — объемная масса скелета грунта, полученная после уплотнения, г/см³;

γ_c — заданная контрольная объемная масса скелета грунта, г/см³.

За качеством работ по укладке и уплотнению грунта должны систематически наблюдать работники грунтовой лаборатории, которые проверяют качество грунтов в выемках, карьерах и резервах с целью возможного их использования на отсыпке насыпей, проводят пробное уплотнение грунтов для уточнения требуемого количества ударов (проходов) грунтоуплотняющих машин и толщины отсыпаемого слоя грунта, участвуют в освидетельствовании скрытых работ и в их приемке. Все данные, характеризующие степень уплотнения грунта и толщину слоев, должны заносить в журнал контроля за уплотнением, который хранится на строительстве.

Отбор образцов из оснований для установления состава и плотности грунтов производят из шурфов на

Данные для определения числа контрольных проб

Грунты	Характеристика грунтов	Объем уложенного грунта на одну контрольную пробу
Глинистые и песчаные без крупных включений	Объемная масса и влажность	100—200 м ³
	Прочие характеристики грунта (для сооружений I и II класса)	20—50 тыс. м ³
	Объемная масса и влажность	200—400 м ³
	Гранулометрический состав	1—2 тыс. м ³
Гравелисто - галечные и мелкозернистые (с исключением крупных фракций)	Прочие характеристики грунта (для сооружений I и II класса)	20—50 тыс. м ³

глубине 0,5 м и более по сетке, разбиваемой по месту и в зависимости от литологического состава пород.

Отбор проб должен быть равномерным с тем, чтобы была обеспечена проверка степени плотности всех слоев грунта в различных частях сооружения. Количество отбираемых проб зависит от характера и объема работ, характеристики грунта и местных условий (табл. II-12). Контрольные пробы грунта отбирают:

на дорожной насыпи на расстоянии 20 м с обеих сторон проезжей части;

на насыпях вертикальной планировки в шахматном порядке через 20—40 м;

в обратных засыпках пазух, возле граней сооружения не дальше чем в 0,2 м от них.

При устройстве песчаных подушек особое внимание уделяют уплотнению песка в углах котлована или траншеи. Во время уплотнения грунта трамбующей машиной ведут наблюдения за выполнением требований, предъявляемых к высоте подъема трамбующего снаряда в момент сбрасывания, правильному расположению следов и количеству ударов. В процессе уплотнения грунта катками и передвижными виброплитами наблюдают за расположением следов и количеством проходов. Причины недоуплотнения грунта выясняют в каждом отдельном

случае и принимают меры к доведению его до необходимой плотности.

На просадочных грунтах приемку работ по поверхностному уплотнению грунтов тяжелыми навесными трамбующими плитами производят после дополнительного уплотнения разрыхленного слоя грунта у поверхности. Уплотнение считается удовлетворительным, если понижение отметки основания под действием удара навесной трамбующей плиты не превышает величины установленного отказа.

В зимнее время дополнительно должны проверять количество мерзлых комьев грунта, допускаемое в насыпь или при засыпке траншей, температуру воздуха и грунта, количество осадков, направление и скорость ветра. Кроме того, наблюдают за состоянием насыпи во время строительства и в весенне-летний период до полного ее оттаивания.

Наиболее распространенным методом контроля за уплотнением грунта является метод режущих колец, основанный на взятии проб уплотненного грунта для определения массы и влажности его. Новейшим методом определения физических характеристик грунта и в том числе его плотности является радиоизотопный. Измерение плотности грунта этим методом производят на основании тарировочной зависимости между интенсивностью гамма-излучения и плотностью грунта.

НИИ оснований и подземных сооружений Госстроя СССР совместно с центральным трестом изысканий Госстроя РСФСР разработали передвижную радиоизотопную установку «Бузонкар», смонтированную на шасси автомобиля УАЗ-452. Установка обладает высокой производительностью и мобильностью. При ее использовании отпадает необходимость в отборе, перевозке, хранении и обработке проб и рытье шурфов. С помощью установки можно измерять плотность грунта на глубине 10—15 м. Тем же институтом разработаны переносные радиоизотопные приборы РПГ-36 и РВГ-36 для определения плотности и влажности грунтов в скважинах глубиной до 30 м без отбора образцов.

Кроме указанных выше способов исследования свойств грунтов наиболее распространенными являются зондирование и испытания грунтов методом пробных нагрузок штампами.

Для текущего послойного контроля плотности грунтов на глубину до 2 м применяется легкий пенетrometer ДИИТ-4, а на глубину 5—6 м — пенетrometer ДИИТ-3. Пенетrometer ДИИТ-4 состоит из одного звена цельнотянутой трубки диаметром 12 мм, наконечника диаметром 20 мм, навинченного на трубу, шабота, приваренного к трубке, груза ограничителя и фиксатора. Наконечник имеет угол заострения 30° . Длина пенетromетра 2 м, вес его (без молота) 15 Н.

Пенетrometer забивается в грунт молотом весом 32 Н, который поднимается вручную каждый раз на высоту 50 см, и, свободно падая, ударяет по шаботу. На трубе пенетromетра нарезаются штрихи через 10 см начиная от основания конуса. Устройство прибора ДИИТ-3 и принцип измерения им плотности грунтов аналогичны прибору ДИИТ-4. Разница лишь в размерах приборов и в весе падающего груза (вес груза ДИИТ-3—100 Н).

Оценка плотности отдельных слоев грунта производится по числу ударов молота на дециметр погружения стержня.

Глава III. ВОДОЗАЩИТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ

§ 1. СПОСОБЫ ОСУШЕНИЯ КОТЛОВАНОВ

Для возведения фундаментов промышленных, гражданских, гидротехнических и других зданий и сооружений отрываются различные по профилю и размерам в плане котлованы. В тех случаях когда дно котлована располагается ниже уровня грунтовых вод, для производства строительных работ в таких котлованах необходимо принимать меры по их осушению. Осушение котлованов может осуществляться откачкой притекающей воды непосредственно из котлована (открытый водоотлив) либо искусственным понижением уровня грунтовых вод специальными водопонизительными установками.

1. Проектирование и организация работ по открытому водоотливу

При вскрытии котлованов в скальных, обломочных и гравийно-галечных грунтах применяется, как правило, открытый водоотлив. В мелкозернистых грунтах открытый водоотлив приводит к оплыванию откосов котлована, разрыхлению грунта в основании сооружения.

Для определения величины притока грунтовых вод выделяют следующие виды котлованов:

траншеи и узкие вытянутые котлованы прямоугольной в плане формы;

широкие котлованы квадратной, прямоугольной, круглой и других распластанных в плане форм.

К первой группе относятся котлованы с отношением ширины к длине 1 : 10 и менее, а ко второй — большим 1 : 10.

При расчетах для простоты принимается, что котлованы имеют вертикальные откосы. Котлованы, не вытянутые в длину, приводятся к фиктивному равновеликому кругу радиусом r_0 . Значения приведенного радиуса для котлованов, имеющих в плане прямоугольную форму, подсчитываются по формуле Н. К. Гиринского:

$$r_0 = \eta \frac{L + B}{4}, \quad (\text{III-1})$$

где L — длина котлована, м;
 B — ширина котлована, м.

Значения η приводятся ниже.

B/L	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
η	1	1,12	1,16	1,18	1,18	1,18

Для котлованов неправильной формы в плане значение r_0 определяется по формуле

$$r_0 = \sqrt{\frac{F}{\pi}}, \quad (\text{III-1a})$$

где F — площадь реального котлована, м².

Расчет притока воды в котлованы производится по формулам установившегося движения грунтовых вод. Максимальный приток получается при паводковом горизонте воды в реке, минимальный — при меженном.

Если котлован прорезает слои грунта различной водопроницаемости, то при соотношении коэффициентов фильтрации отдельных слоев, не превышающем 1 : 10, определяется средневзвешенное значение коэффициента фильтрации k по формуле Г. Н. Каменского:

$$k = \frac{k_1 h_1 + k_2 h_2 + \dots + k_n h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n}, \quad (\text{III-2})$$

где $h_1, h_2, \dots, h_n$ — толщина отдельных слоев, м;

$k_1, k_2, \dots, k_n$ — коэффициенты фильтрации этих слоев, м/сут.

При бóльших соотношениях коэффициентов фильтрации слои с малым коэффициентом из расчетов исключаются.

Котлованы могут быть **совершенными**, т. е. достигающими до нижнего водоупора и принимающими воду только через стенки, и **несовершенными**, т. е. не достигающими до нижнего водоупора с притоком воды через стенки и дно или только через дно.

В зависимости от гидравлического состояния водоносного пласта котлованы разрабатываются в условиях **безнапорных** (случай, наиболее часто встречающийся в практике) или **напорных** вод.

Для совершенных котлованов расчет притока воды может быть произведен по несколько преобразованным формулам Дюпюи [1]:

в условиях безнапорных вод (рис. III-1, а)

$$Q = 1,37 \frac{kH^2}{\lg \frac{R+r_0}{r_0}}; \quad (\text{III-3})$$

в смешанных условиях (при наличии двух зон — напорной и безнапорной) (рис. III-1, б):

$$Q = 1,37 \frac{k(2S - m)m}{\lg \frac{R + r_0}{r_0}} \quad (\text{III-4})$$

В том случае когда котлован не доходит до нижнего водоупора (несовершенные котлованы), приток воды в напорных условиях (рис. III-2) может быть высчитан по формуле В. М. Шестакова

$$Q = \frac{2,73kmS}{\lg \frac{R + r_0}{r_0} + 0,2 \frac{m}{r_0}} \quad (\text{III-5})$$

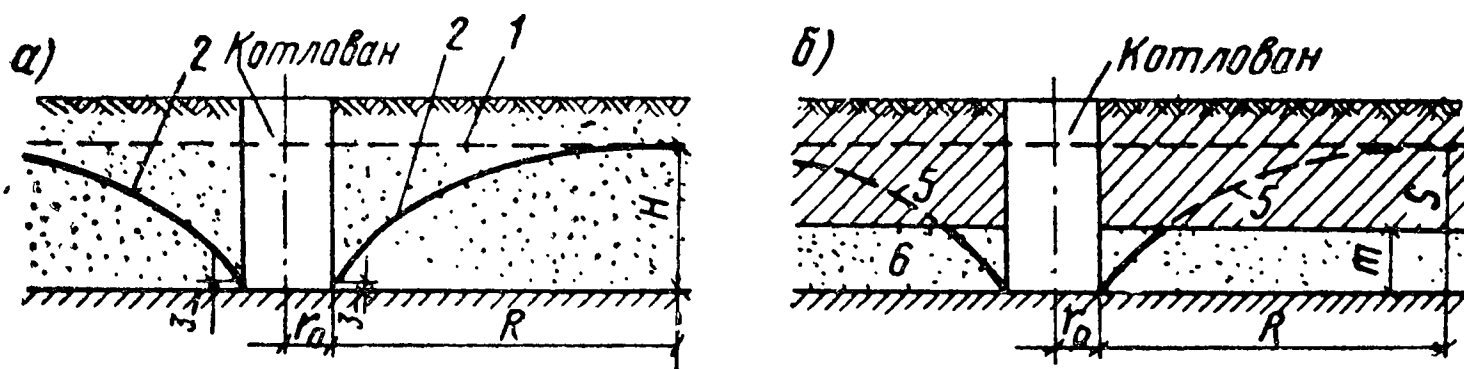


Рис. III-1. Схема притока воды к широкому, не вытянутому в длину котловану совершенного типа

а — при его работе в безнапорных водах и б — то же, но в смешанных условиях; 1 — уровень грунтовых вод до сооружения котлована; 2 — депрессионные кривые после сооружения котлована; 3 — участок высачивания воды через стенки котлована; 4 — пьезометрический уровень грунтовых вод до сооружения котлована; 5 — пьезометрические депрессионные кривые после сооружения котлована; 6 — напорный водоносный пласт

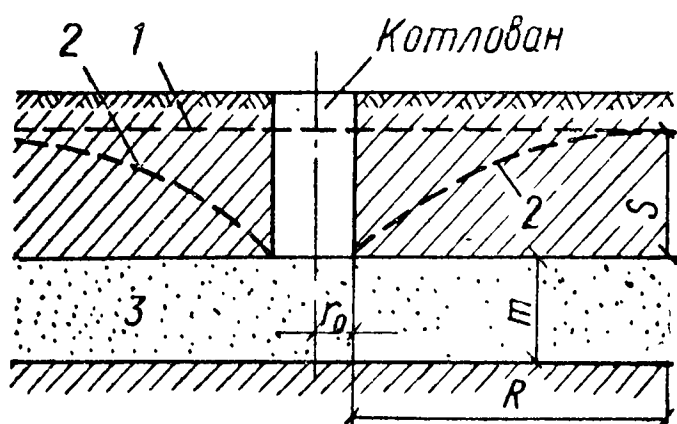


Рис. III-2. Схема притока воды к широкому, не вытянутому в длину котловану, вскрывшему своим дном напорный водоносный пласт

1 — пьезометрический уровень грунтовых вод до сооружения котлована; 2 — пьезометрические депрессионные кривые после сооружения котлована; 3 — напорный водоносный пласт

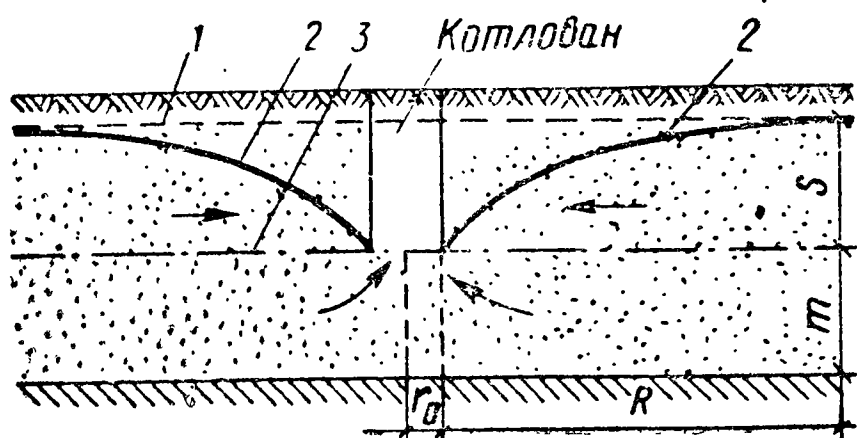


Рис. III-3. Схема притока воды к широкому, не вытянутому в длину котловану несовершенного типа при работе его в безнапорных водах

1 — уровень грунтовых вод до сооружения котлована; 2 — депрессионные кривые после сооружения котлована; 3 — линия раздела потока на безнапорную и напорную зоны. Стрелками показано направление движения воды

Приток воды к несовершенному котловану при его работе в безнапорных условиях (рис. III-3) может быть определен по формулам (III-3) и (III-5), при этом приток выше дна котлована рассматривается как безнапорный к совершенному котловану, а поступающий через дно — как напорный; расчетная формула для этого случая приобретает вид

$$Q = 2,73kS \left(\frac{S}{2 \lg \frac{R + r_0}{r_0}} + \frac{m}{\lg \frac{R + r_0}{r_0} + 0,2 \frac{m}{r_0}} \right), \tag{III-6}$$

В формулах (III-3)—(III-6):

- Q — приток воды в котлован, м³/сут;
- k — коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сут;
- H — толщина безнапорного водоносного пласта, м;
- R — радиус депрессии при работе котлована или соответственно среднее расстояние до него от реки (при наличии гидравлической связи напорного пласта с рекой), м;
- r_0 — приведенный радиус котлована, м;
- m — толщина напорного водоносного пласта, м;
- S — заглубление дна котлована относительно непониженного уровня [статического для формулы (III-6), пьезометрического — для формул (III-4) и (III-5)], м.

Как правило, величины коэффициента фильтрации отдельных слоев грунта определяются в процессе инженерных гидрогеологических изысканий. Для предварительных расчетов притока воды в котлованы можно пользоваться ориентировочными значениями коэффициента фильтрации грунтов k , приведенными ниже.

Грунты	Коэффициент фильтрации, м/сут
Галечник чистый	200
Гравий:	
чистый	200—100
с песком	150—75
Песок:	
крупный гравелистый . .	100—50
крупный	75—25
средний	25—10
мелкий	10—2
мелкозернистый глинистый	2—1
Супесь	0,7—0,2
Суглинок	0,4—0,005
Глины	0,005 и меньше

2. Описание схемы открытого водоотлива

При открытом водоотливе грунтовая вода, просачиваясь через откосы и дно котлована, поступает в водо-

сборные каналы и по ним в прямки, откуда откачивается насосами. В мелкозернистых грунтах водосборные каналы, а иногда и откосы котлована загружаются песчано-гравийной смесью, которая служит хорошей водопроводящей средой, предохраняющей каналы и откосы от оплывания. Водосборные каналы сооружаются с уклоном 0,01—0,02 в сторону прямка (зумпфа). Количество прямков сооружается исходя из расчетного при-

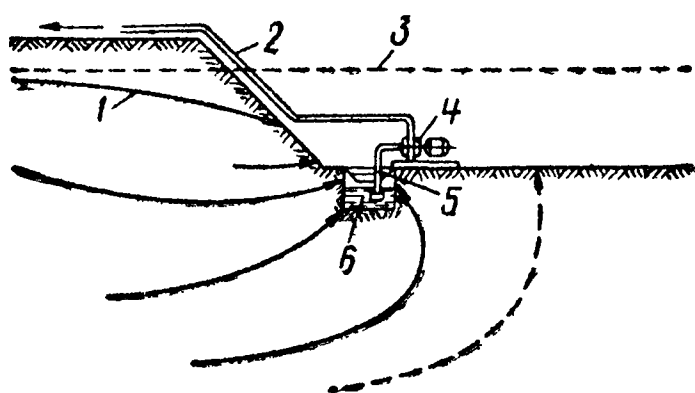


Рис. III-4. Схема открытого водоотлива

1 — сниженная поверхность грунтовых вод; 2 — напорный трубопровод; 3 — первоначальная поверхность грунтовых вод; 4 — насос; 5 — сборная канава; 6 — прямок. Стрелками показано направление движения воды

тока воды к котловану и производительности насосного оборудования, принятого для откачки воды.

Общая схема открытого водоотлива приведена на рис. III-4.

3. Машины, применяемые для открытого водоотлива

Центробежные насосы типа С широко применяются при открытом водоотливе. Техническая характеристика этих насосов приведена в табл. III-1. Самовсасывающие центробежные насосы типа С предназначены для откачки загрязненной воды.

Центробежные насосы консольного типа К — горизонтальные одноступенчатые — могут подавать 5—360 м³ воды в час. Привод насосов осуществляется от электродвигателя через упругую муфту, ременную передачу или фланцевое соединение. Насосы, соединяемые с электродвигателем фланцами, называются моноблок-насосами типа КМ. На рис. III-5 показаны рабочие характеристики насосов 4К-12 и 4К-18.

Насосы типа К на водопонизительных работах применяются для предварительной откачки воды из котлованов, разработанных гидромеханизмами или путем вы-

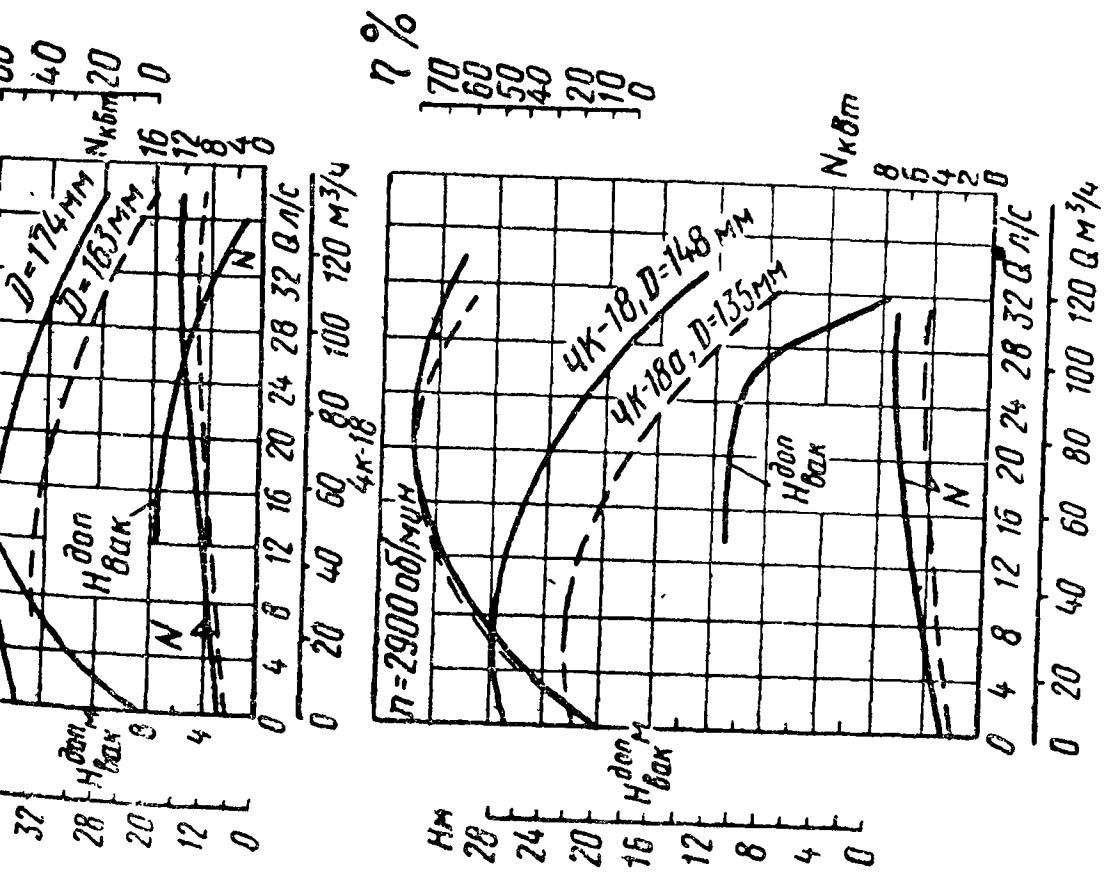
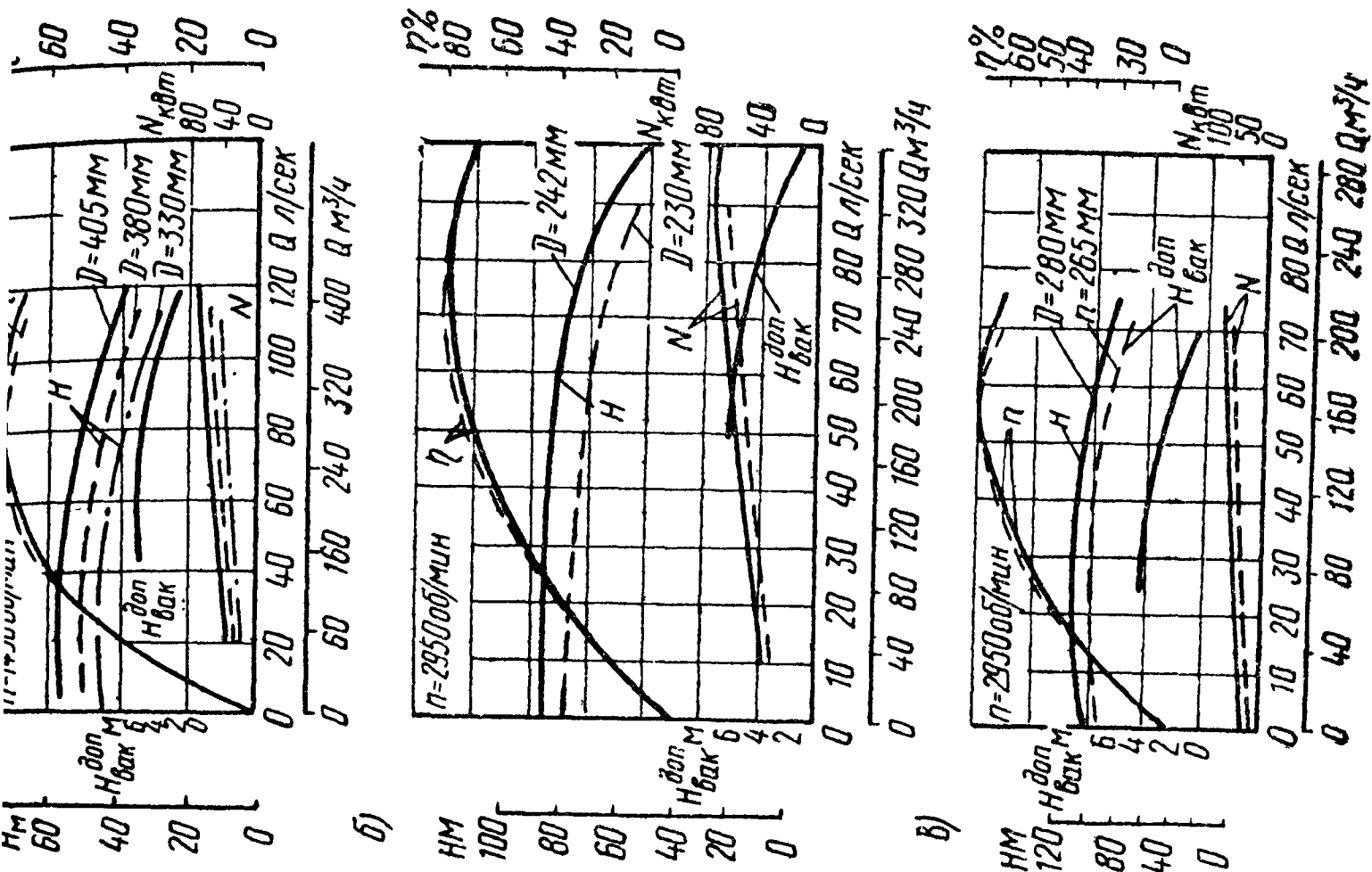


Рис. III-5. Рабочие характеристики насосов 4K-12 и 4K-18

Рис. III-6. Рабочие характеристики насосов типа НД

а — 6НДВ; б — 6НДС; в — 4НДВ



емки грунта из-под воды. Эти насосы используются также в качестве составной части специальных установок; например, насос 6К-8 входит в установку вакуумного водопонижения УВВ-2.

Центробежные секционные насосы типа МС предназначены для перекачки чистой воды с температурой до

Таблица III-1

Техническая характеристика
самовсасывающих центробежных
насосов типа С

Показатель	Тип насоса		
	С-666	С-665	С-374
Производительность, м³/ч .	120	120	До 24
Высота всасывания, м	6	6	6
Высота подъема, м	20	20	9
Производительность само- всасывания в 1 мин, не более	3	3	9
Диаметры всасывающего и нагнетательного рукавов, мм .	100	100	51
Двигатель:			
тип	АО-52-2	УД-2	АО-32-4
мощность, кВт	7	6	1
частота вращения, об/мин	2890	3000	1410
напряжение, В	220/380	220/380	220/380
Габариты, мм:			
длина	1240	1240	700
ширина	600	600	400
высота	1050	1010	730
Вес насоса в сборе, Н . .	2900	2800	960

60° С и применяются для поверхностного водоотлива, питания эжекторной системы водопонижения. Насосы типа МС широко используют для гидравлического погружения в грунт легких и эжекторных иглофильтров и труб при устройстве трубчатых колодцев. Каждый типоразмер насоса МС содержит 2—10 рабочих колес, что определяет величину создаваемого насосом напора и соответственно потребляемую мощность.

Основные технические данные насосов МС приводятся ниже.

	МС-30	МС-50	МС-70	МС-100	МС-150
Производительность, м³/ч	30	50	70	100	150
Высота подъема, м:					
на одно колесо	25	35	25	55	72
максимальная	250	350	250	550	720
Частота вращения, об/мин	2950	2950	2950	3000	3000
Тип электродвигателя	А	А	А	А	А

Центробежные насосы типа НД — одноступенчатые с рабочим колесом двустороннего входа воды и горизонтальным разъемным корпусом — предназначены для подачи воды с температурой до 100° С. Применяются они

Т а б л и ц а III-2
Основные технические данные насосов типа НД

Показатель	Марка			
	4НДВ	5НДВ	6НДВ	8НДВ
Производительность, м³/ч	90—180	150—250	250—360	400—720
Высота всасывания, м	2—6,5	4,6—7	4—5,5	3,8—6,5
Высота подъема, м .	22—104	28—40	33—54	33—89
Частота вращения, об/мин	1450 и 2950	1450	1450	960 и 1450
Мощность двигателя, кВт	14—75	20—40	40—75	55—240

для водопонижения при открытом водоотливе, подачи рабочей воды в систему при водопонижении эжекторными иглофильтрами, а также для гидравлического погружения легких и эжекторных иглофильтров и труб при устройстве трубчатых колодцев. Основные технические данные насосов типа НД приведены в табл. III-2.

Рабочие характеристики некоторых из насосов этого типа изображены на рис. III-6.

4. Правила монтажа, демонтажа, эксплуатации и ухода за машинами для открытого водоотлива

Основными машинами для открытого водоотлива являются центробежные насосы типа С, К, МС и НД. Монтаж, демонтаж, эксплуатация и уход за насосами подчиняются общим правилам, установленным для машин этого типа и изложенным в соответствующих инструкциях и паспортах машин.

Насосы типа С являются передвижными машинами, они менее чувствительны к соблюдению горизонтальности установки, не требуют установки на всасывающей линии обратных клапанов, заливки всасывающей линии перед пуском, для них не опасны примеси в воде, поэтому целесообразно применять их для поверхностного водоотлива.

Насосы типов К, МС и НД могут откачивать только чистую воду, требуют заливки всасывающей линии перед пуском. Рама, на которой смонтированы насос и электромотор, должна при работе быть строго горизонтальна. Для регулирования расхода воды на напорной линии монтируется задвижка.

В некоторых случаях для откачки воды из котлованов, разработанных способом гидромеханизации, насосы устанавливаются на понтонах. Откачку воды из таких котлованов производят постепенно для образования пологой кривой депрессии, после чего устраивают водосборные канавы и прямки для сбора притекающей воды.

Во всех случаях следует отдавать предпочтение грунтовому водоотливу, обеспечивающему наиболее благоприятные условия для работы в котловане, максимальную механизацию работ, высокую производительность и качество их.

§ 2. ВОДОПОНИЖЕНИЕ КАК СРЕДСТВО ВОДОЗАЩИТЫ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ

1. Общие сведения

Применение открытого водоотлива в котлованах, вскрываемых в мелкозернистых грунтах, приводит к разрыхлению основания сооружения. В этих случаях прибегают к искусственному понижению уровня грунтовых вод (грунтовому водоотливу), исключая просачивание

грунтовых вод через откосы и дно котлована. Достигается это откачкой грунтовой воды из системы трубчатых колодцев, скважин, иглофильтров, обеспечивающей снижение уровня грунтовых вод ниже дна предполагаемой выработки (котлована, траншеи).

Грунтовый водоотлив может быть применен в весьма разнообразных гидрогеологических условиях. Он имеет большие преимущества перед открытым водоотливом: отпадает необходимость устраивать пологие откосы или забивать шпунтовые ограждения, создаются благоприятные условия для широкой механизации строительных работ, сокращается продолжительность строительства, повышается качество.

Выбор способа водопонижения и типа применяемого при этом оборудования производится в зависимости от глубины разработки котлована, инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки, сроков строительства, конструкции сооружений и технико-экономических показателей.

Водопонижительные работы при грунтовом водоотливе могут выполняться с использованием легких иглофильтровых установок, эжекторных иглофильтровых установок, водопонижительных скважин, снабженных различным насосным оборудованием.

При осушении глинистых грунтов (супесей, суглинков), когда обычные способы водопонижения оказываются недостаточно эффективными, применяют специальные способы водопонижения — вакуумирование или электроосушение. В этих случаях наряду с насосным оборудованием для откачки воды используют вакуум-насосы для откачки воздуха при вакуумировании, а при электроосушении применяют генераторы постоянного тока.

2. Описание схем водопонижения и проектирования водопонижительных установок

Как и при расчетах притока воды в котлованы, контурные схемы водопонижительных установок приводятся к равновеликому кругу радиуса r_0 , см. формулы (III-1) и (III-1,а).

Расчет притока воды к водопонижительным установкам также производится для двух горизонтов воды в реке или водоеме — меженного и паводкового. Для упрощения расчетов неоднородная толща грунтов рассматривается

как однородная; приведенное значение коэффициента фильтрации определяется по формуле (III-2). При расчете контурных водопонизительных установок определяют:

дебит установки, при котором в пределах заданного контура обеспечивается заданное понижение уровня грунтовых вод (в безнапорных водах) или напора (в напорных водах);

необходимое количество и глубину заложения скважин или иглофильтров для захвата расчетного количества воды.

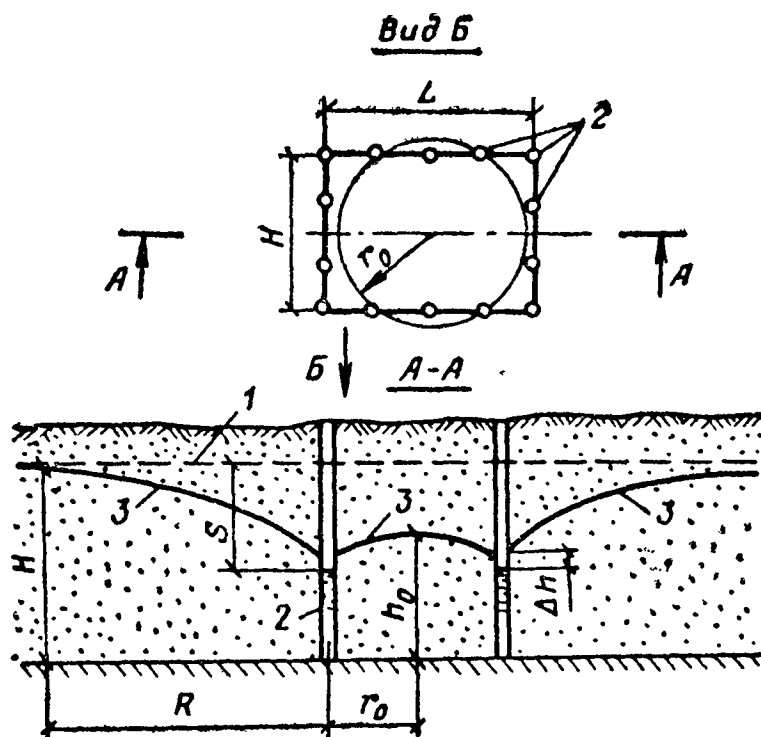


Рис. III-7. Схема контурной водопонизительной установки совершенного типа при ее работе в безнапорных водах

1 — уровень грунтовых вод до работы установки; 2 — водопонизительные скважины; 3 — депрессионные кривые при работе установки

Для котлованов, разрабатываемых в безнапорных водах, общий дебит совершенных колодцев, расположенных по периметру котлована (рис. III-7), может быть определен по формуле

$$Q = 1,37 \frac{k (H^2 - h_k^2)}{\lg \frac{R + r_0}{r_0}} \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (\text{III-7})$$

Глубина воды в колодцах находится из выражения

$$\begin{aligned} h_0 &= \sqrt{h_k^2 - 0,73 \frac{Q}{nk} \lg \frac{r_0}{nr_0}} = \\ &= \sqrt{h_k^2 - 0,73 \frac{Q}{nk} \lg \frac{l}{2\pi r_0}} \text{ м.} \end{aligned} \quad (\text{III-8})$$

Для котлованов, разрабатываемых в напорных пластах, общий дебит совершенных колодцев, расположенных

по периметру котлована (рис. III-8), вычисляется по формуле

$$Q = 2,73 \frac{km(H - h_k)}{\lg \frac{R + r_0}{r_0}} \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (\text{III-9})$$

Глубина воды в колодцах определяется по формуле

$$h_0 = h_k - 0,37 \frac{Q}{knt} \lg \frac{R_0}{nr_0} = h_k - 0,37 \frac{Q}{knt} \lg \frac{l}{2\pi r_0} \text{ м.} \quad (\text{III-10})$$

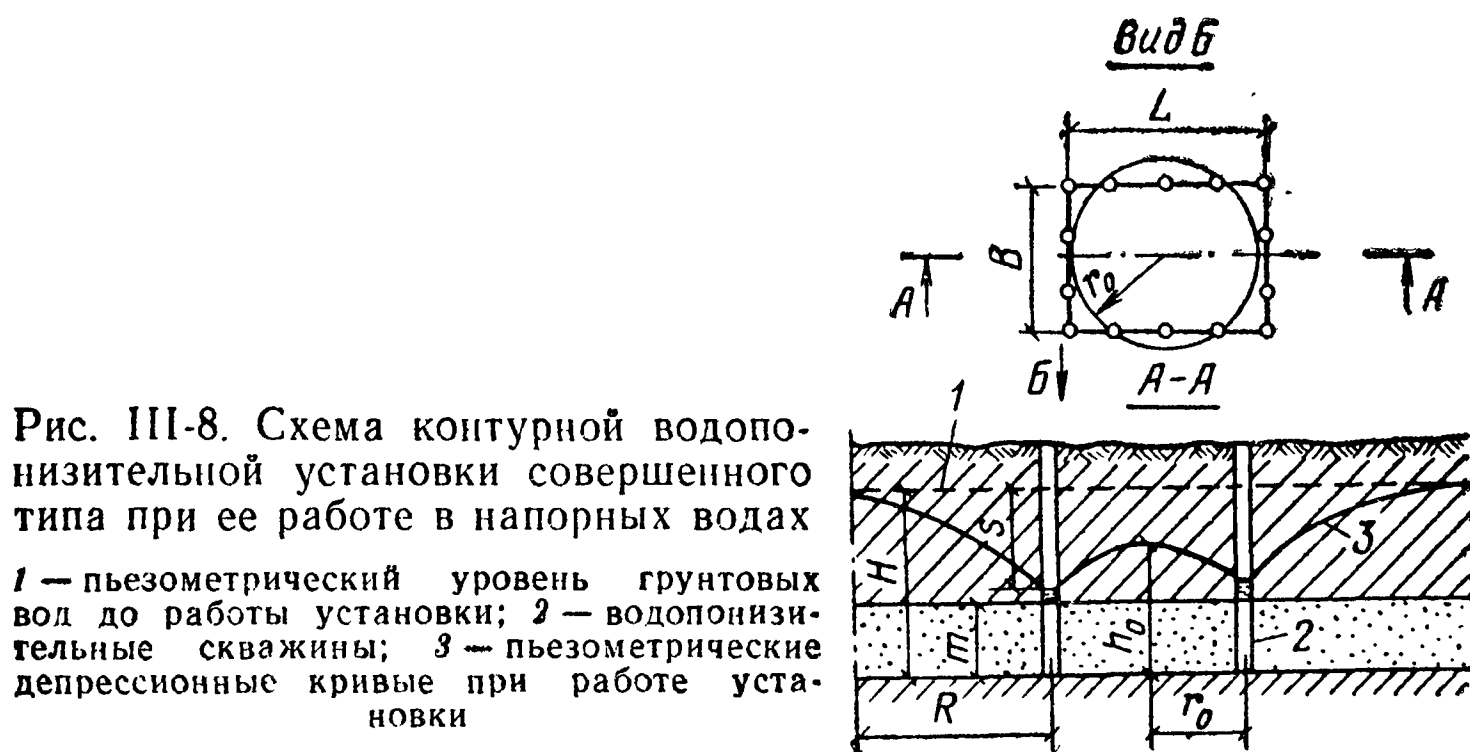


Рис. III-8. Схема контурной водопонижительной установки совершенного типа при ее работе в напорных водах

1 — пьезометрический уровень грунтовых вод до работы установки; 2 — водопонижительные скважины; 3 — пьезометрические депрессионные кривые при работе установки

В формулах (III-1) — (III-10):

Q — общий дебит, $\text{м}^3/\text{сут}$;

k — коэффициент фильтрации, $\text{м}/\text{сут}$;

H — толщина безнапорного водоносного пласта или высота непониженного пьезометрического уровня над водоупором, м ;

h_k — высота пониженного [для формул (III-7), (III-8)] статического, для формул (III-9), (III-10) — пьезометрического уровня грунтовых вод в центре участка, считая от нижнего водоупора, м ;

R — радиус влияния при работе водопонижительной установки, м ;

r_0 — приведенный радиус водопонижительной установки, м ;

m — толщина напорного водоносного слоя, м ;

h_0 — глубина воды в колодцах, м ;

n — число колодцев;

l — расстояние между соседними колодцами по окружности радиусом r_c , м ;

r_c — радиус колодцев, м .

Радиус влияния котлованов и кольцевых водопонижительных установок приближенно может быть подсчитан по формуле И. П. Кусакина

$$R = 2S \sqrt{HR}, \quad (\text{III-11})$$

где R — расчетный радиус влияния, м ;

S — понижение в центре котлована или водопонижительной установки, м;

H — толщина водоносного слоя, м;

k — коэффициент фильтрации, м/сут.

С учетом продолжительности откачки радиус влияния определяется по формуле

$$R = \sqrt{r_0^2 + \frac{2ktH}{\mu}} \text{ м,} \quad (\text{III-12})$$

где t — время, истекшее с начала откачки, сут;

μ — коэффициент водоотдачи грунта.

Расчетную продолжительность откачки t для игло-фильтровых установок принимают равной 2—5 суткам. Ориентировочные значения коэффициента водоотдачи приводятся ниже.

Коэффициент фильтрации грунта, м/сут										Коэффициент водоотдачи									
1—10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,12—0,18									
10—50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,18—0,22									
50—100	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,22—0,24									

Если расстояние l_1 от центра котлована или водопонижительной установки до линии уреза воды в водоеме меньше радиуса влияния, полученного по формулам (III-11) и (III-12), то в выражениях (III-3) — (III-7) и (III-9) вместо R принимается $2l_1$.

Задача расчета контурной водопонижительной установки решается подбором. Вначале задаются некоторым числом скважин n в установке и понижениями уровня воды в них (принимая при этом радиус скважин r_c по конструктивным соображениям) и по формулам (III-7) или (III-9) определяют общий дебит установки и каждой скважины $Q' = \frac{Q}{n}$. Затем по формулам (III-8) или (III-10) находят высоту пониженного уровня в центре участка.

Варьируя числом скважин и понижениями, останавливаются на такой схеме, при которой в центре поля обеспечивается заданное положение уровня грунтовых вод.

Дебит каждой скважины Q' должен быть равным или несколько меньшим водозахватной способности скважин f , т. е. $Q' \leq f$.

Водозахватная способность скважин определяется по формуле

$$f = 2\pi r_c l_0 v_{\phi}, \quad (\text{III-13})$$

где f — водозахватная способность скважины, м³/сут;
 l_0 — длина водоприемной части (фильтра) скважины, м;
 v_{ϕ} — допустимая входная скорость фильтрации, м/сут.

Величина v_{ϕ} может быть приближенно подсчитана по формуле С. К. Абрамова

$$v_{\phi} = 60 \sqrt[4]{k}, \quad (\text{III-14})$$

где v_{ϕ} — входная скорость фильтрации, м/сут;
 k — коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сут.

Длина и диаметр фильтра определяются дебитом трубчатого колодца, условиями залегания водоносных горизонтов и характером водосодержащих пород с учетом размещения в колодце соответствующего водоподъемного оборудования.

Наружный диаметр фильтра может быть высчитан по формуле

$$d = 7643 \frac{Q'}{l_0 v_{\phi}} \text{ мм.} \quad (\text{III-15})$$

Наружный диаметр d скважины отсчитывают: в дырчатом и щелистом фильтрах — от наружной поверхности фильтровой трубы; в сетчатом фильтре — от наружной поверхности фильтра; в проволочном фильтре — от наружной поверхности проволочной обмотки; в гравийном фильтре — от наружной поверхности фильтрующей обсыпки.

3. Характеристики и конструкции водопонижительного оборудования

При грунтовом водоотливе используют: легкие иглофильтровые установки, эжекторные водопонижительные установки, артезианские турбинные и глубинные насосы погружного типа, установки вакуумного водопонижения, оборудование для электроосушения грунтов.

Грунтовый водоотлив осуществляется в тех случаях, когда осушаемые породы обладают достаточной водопроницаемостью, характеризующейся коэффициентом фильтрации.

Грунтовый водоотлив обычно не может быть применен в грунтах с коэффициентом фильтрации менее 1 —

Таблица III-3

Т а б л и ц а III-3

Область применения систем водопонижения (ориентировочная)

Глубина пони- жения уровня грунтовых вод, м	Грунты											
	сугли- нок	супесь	Песок					гравий с песком	гравий чистый	гальчик чистый	Многослойная водо- носная толща (чере- дование пород раз- личной водопроницае- мости)	
			мелко- зерни- стый	мелкий	средний	крупный	крупный гравели- стый					
Коэффициент фильтрации, м/сут												
0,005—0,4 0,2—0,7 1—2 2—10 10—25 25—50 50—100 75—150 100—200 >200												
До 5	Электроосу- шение, вакуу- мирование, (ЛИУ, ЭИ, ЭВВУ, УВВ-1м, УВВ-2)		Установки с легкими игло- фильтрами ЛИУ (одноярусные)				Откачка воды из скважин центробежными насосами	Поверхност- ный водоотлив	Поверхностный водоотлив, ЛИУ, УВВ, сочетание ЛИУ с поверхност- ным водоотливом			
До 20	Электроосу- шение, вакуу- мирование (ярусные уста- новки, ЛИУ, ЭИ, ЭВВУ)		Установки с легкими игло- фильтрами (многоярусные). Эжекторные иглофильтры				Глубинные насосы					ЭВВУ, ярусные ЛИУ, УВВ, ЭИ, глубинные насосы в сочетании с по- верхностным водо- отливом
Более 20	Глубинные насосы (артезианские)										Открытый водо- отлив; многоярус- ные установки лег- ких иглофильтров; эжекторные игло- фильтры; артези- анские насосы	

2 м/сут из-за малых скоростей движения грунтовых вод. В этом случае используются вакуумирование или способ электроосушения, основанный на свойстве передвижения воды в глинистых грунтах под действием постоянного тока (электроосмос).

Для водопонижения в грунтах с коэффициентом фильтрации 1—40 м/сут используют легкие иглофильтровые установки. При коэффициенте фильтрации грунтов более 40 м/сут (особенно в случае большой толщины водоносного слоя и длительных сроках откачки) часто оказывается целесообразным применять откачку артезианскими насосами из скважин большого диаметра.

В грунтах с небольшим коэффициентом фильтрации и при близком залегании водоупора от дна котлована целесообразно применять эжекторные иглофильтры.

В целом выбор оборудования для грунтового водоотлива определяется многими факторами. Для ориентировочного подбора системы водопонижения может быть использована табл. III-3.

а. Легкие иглофильтровые установки

Для искусственного понижения уровня грунтовых вод на глубину 4—5 м в песчаных отложениях преимущественно применяются легкие иглофильтровые установки ЛИУ (рис. III-9). При понижении уровня воды на боль-

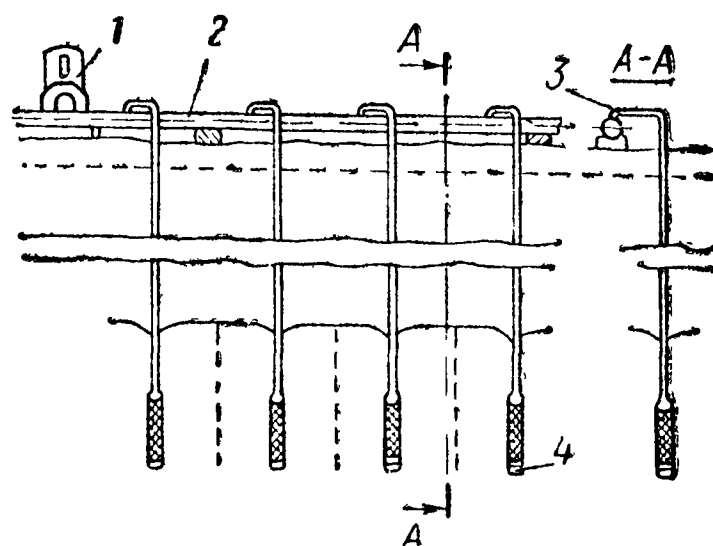


Рис. III-9. Схема иглофильтровой установки

1 — насосный агрегат; 2 — всасывающий коллектор; 3 — резиновый шланг; 4 — иглофильтры

шую глубину используют двух-трехъярусные установки. Рассматриваемые установки отличаются мобильностью, возможностью быстро погружать иглофильтры в грунт в собранном виде, отсутствием в скважинах механизмов с движущимися частями, простотой и надежностью в эксплуатации. На эффективность работы иглофильтровой установки влияют степень герметичности соединений, а

также всасывающая способность (вакуумметрическая высота всасывания) обслуживающего ее водяного насоса. Наиболее приспособленными к обслуживанию иглофильтровых установок являются насосы, способные работать с высотой всасывания 8 м.

Т а б л и ц а III-4

Технические характеристики установок
из легких иглофильтров

Показатель	ЛИУ-3	ЛИУ-5
Производительность, м³/ч	60	120
Высота подъема воды, м	25	40
Вакуумметрическая высота всасывания, м	8	8
Мощность электродвигателя, кВт	10	20
Вес насосного агрегата, Н	3500	6700
Всасывающий коллектор:		
длина звеньев, м	—	5,25
число звеньев в комплекте, шт.	—	18
диаметр, мм	—	150
Иглофильтры:		
длина, м	—	8,5
количество, шт.	—	100
Примечание. В комплект ЛИУ-5 входят два насосных агрегата ЛИУ-5 и ЛИУ-3.		

Насосные агрегаты установок типа ЛИУ различаются по производительности, высоте подъема воды, мощности электродвигателей и принципу действия. Так, насосы установок ЛИУ-2 и ЛИУ-3 являются вихревыми, обладающими способностью к самовсасыванию и откачке воздуха и воды.

Существенная особенность установок ЛИУ-4 и ЛИУ-5 заключается в том, что при их работе вода и воздух отбираются самостоятельными механизмами — центробежным и вакуумным насосами.

В табл. III-4 приведена характеристика установок ЛИУ-3 и ЛИУ-5.

С 1967 г. промышленность выпускает установки типа ЛИУ-6 (рис. III-10), в них входят насосные агрегаты ЛИУ-5 и ЛИУ-4 (по одному), остальное оборудование аналогично комплекту установки ЛИУ-5.

В практике водопонижения получили распространение три типа иглофильтров, конструкции приемных звеньев которых изображены на рис. III-11.

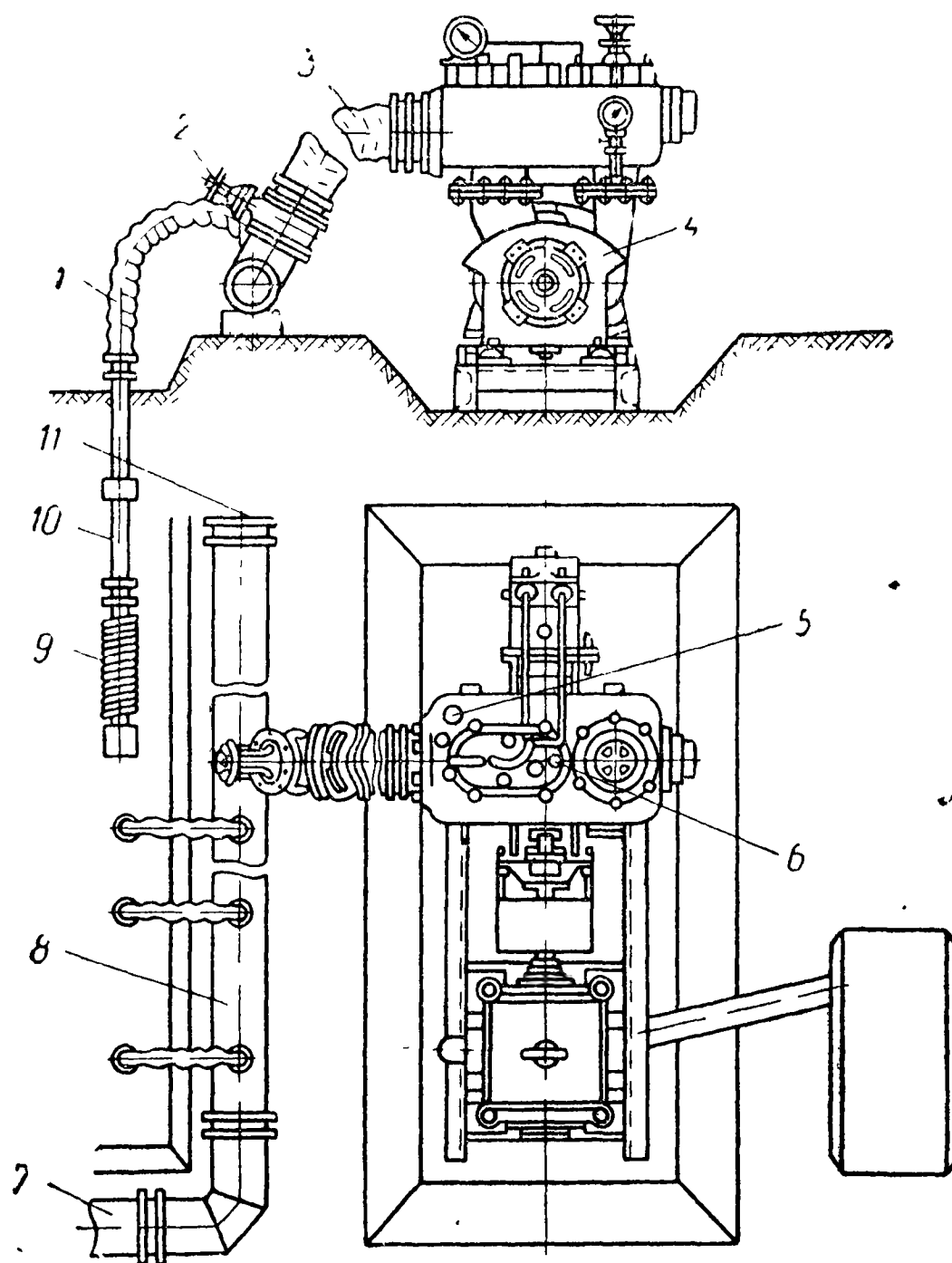


Рис. III-10. Схема иглофильтровой установки ЛИУ-6А

1 — шланг; 2 — задвижка; 3 — всасывающий рукав; 4 — насосный агрегат; 5 — отверстие для заливки воды в насос; 6 — отверстие для заливки воды в вакуум насос; 7 — отвод; 8 — коллектор; 9 — иглофильтр; 10 — надфильтровая труба; 11 — заглушка

б. Эжекторные иглофильтры

Для вакуумирования скважин и водопонижения в грунтах с небольшим коэффициентом фильтрации и при близком залегании водоупора от дна котлована используются эжекторные иглофильтры. Находят применение эжекторные установки типа ЭИ-2,5, ЭИ-4 и ЭИ-6, но наибольшее распространение получили установки ЭИ-2,5. При большом притоке воды используют установки типа ЭИ-4 и ЭИ-6.

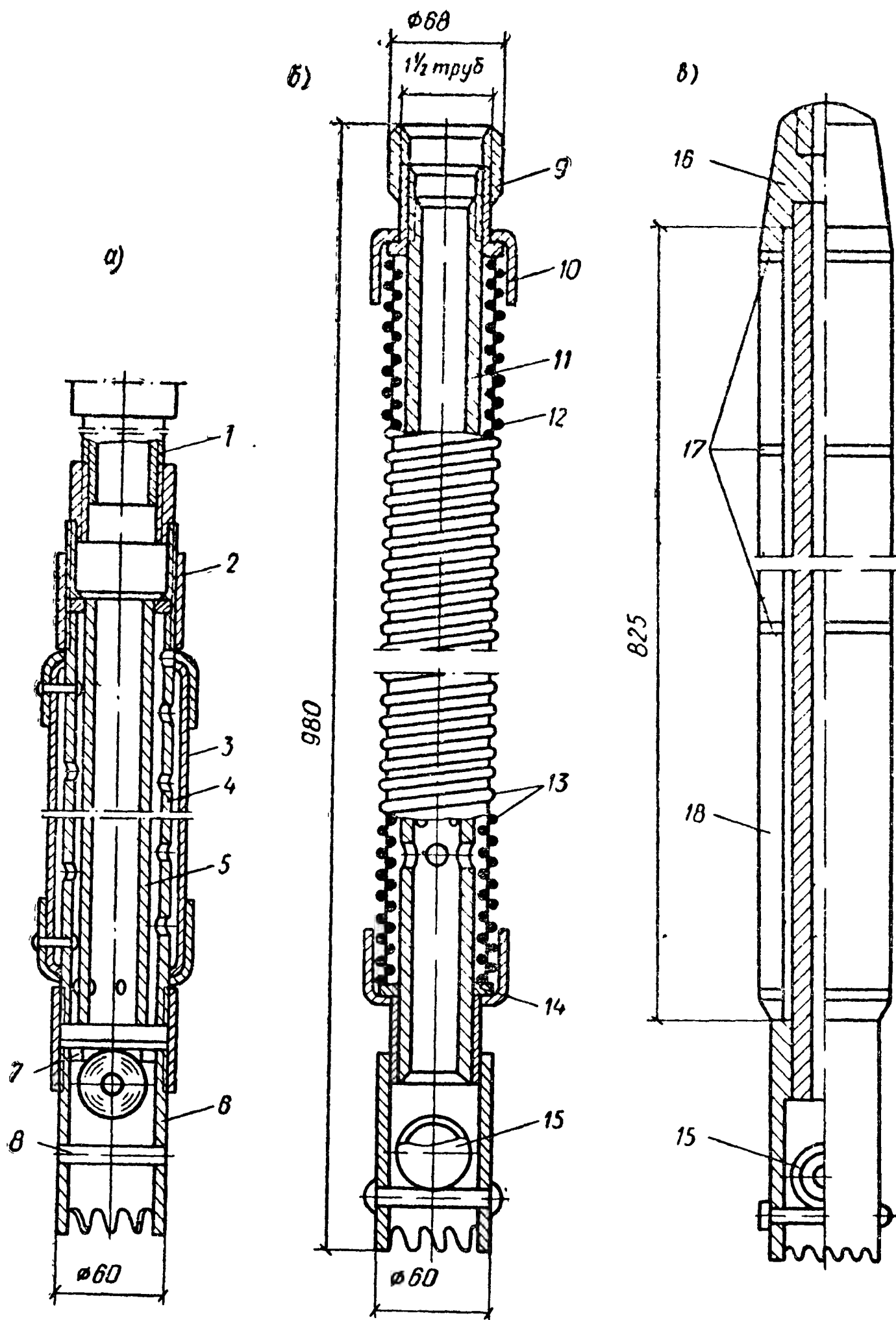


Рис. III-11. Приемное звено иглофильтра

а — с латунной сеткой; **б** — с капроновой сеткой; **в** — с керамическим блоком; **1** — надфильтровая труба; **2** — муфта; **3** — сетка; **4** — наружная труба; **5** — внутренняя труба; **6** — наконечник; **7** — седло; **8** — кольцо; **9** — переходная муфта; **10** — стальной крепящий колпачок; **11** — корпус фильтра; **12** — капроновая сетка; **13** — спирали из проволоки диаметром 4 мм; **14** — резиновые прокладки; **15** — шаровой клапан; **16** — муфта-фланец; **17** — резиновые прокладки; **18** — керамические трубки

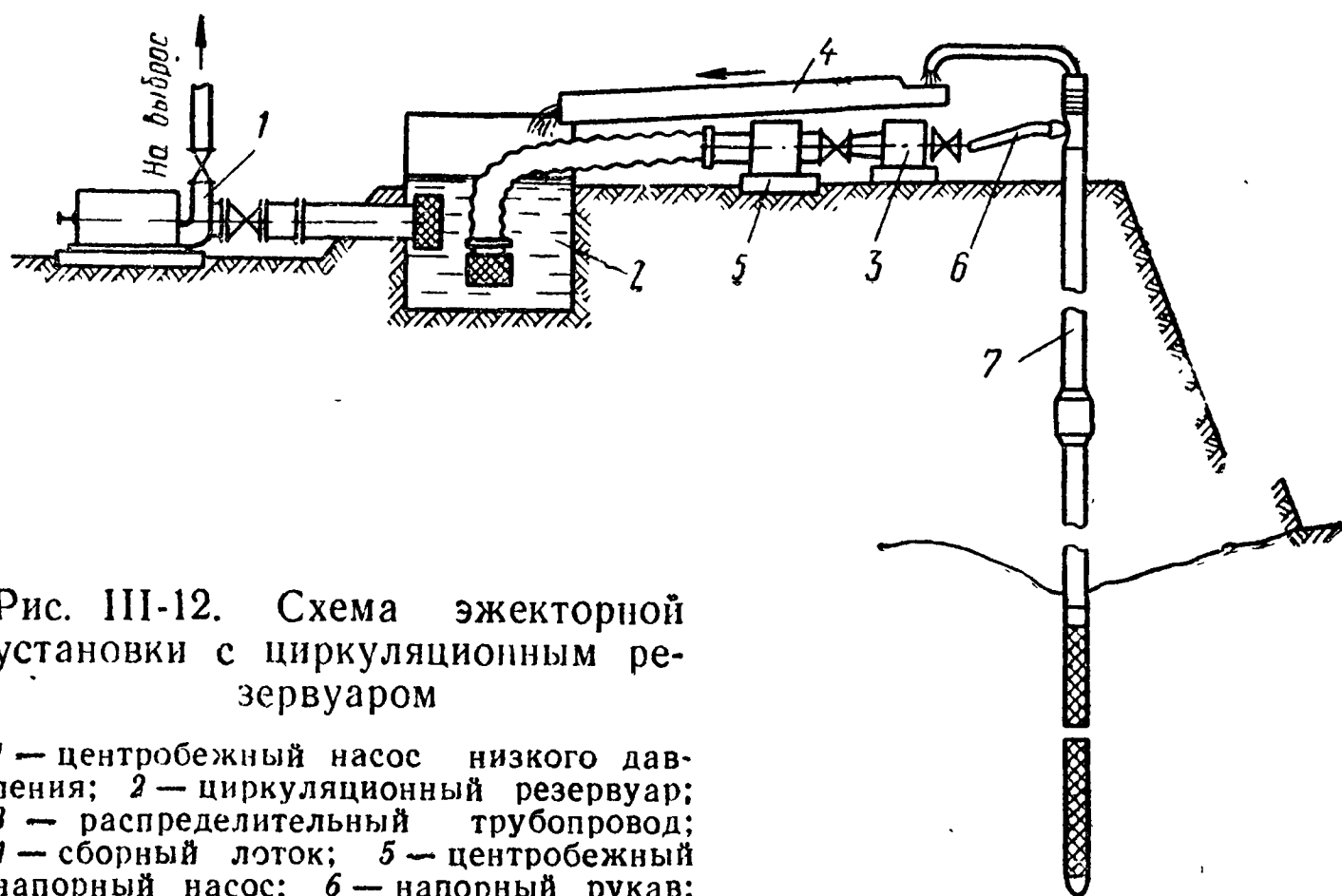


Рис. III-12. Схема эжекторной установки с циркуляционным резервуаром

1 — центробежный насос низкого давления; 2 — циркуляционный резервуар; 3 — распределительный трубопровод; 4 — сборный лоток; 5 — центробежный напорный насос; 6 — напорный рукав; 7 — эжекторный иглофильтр

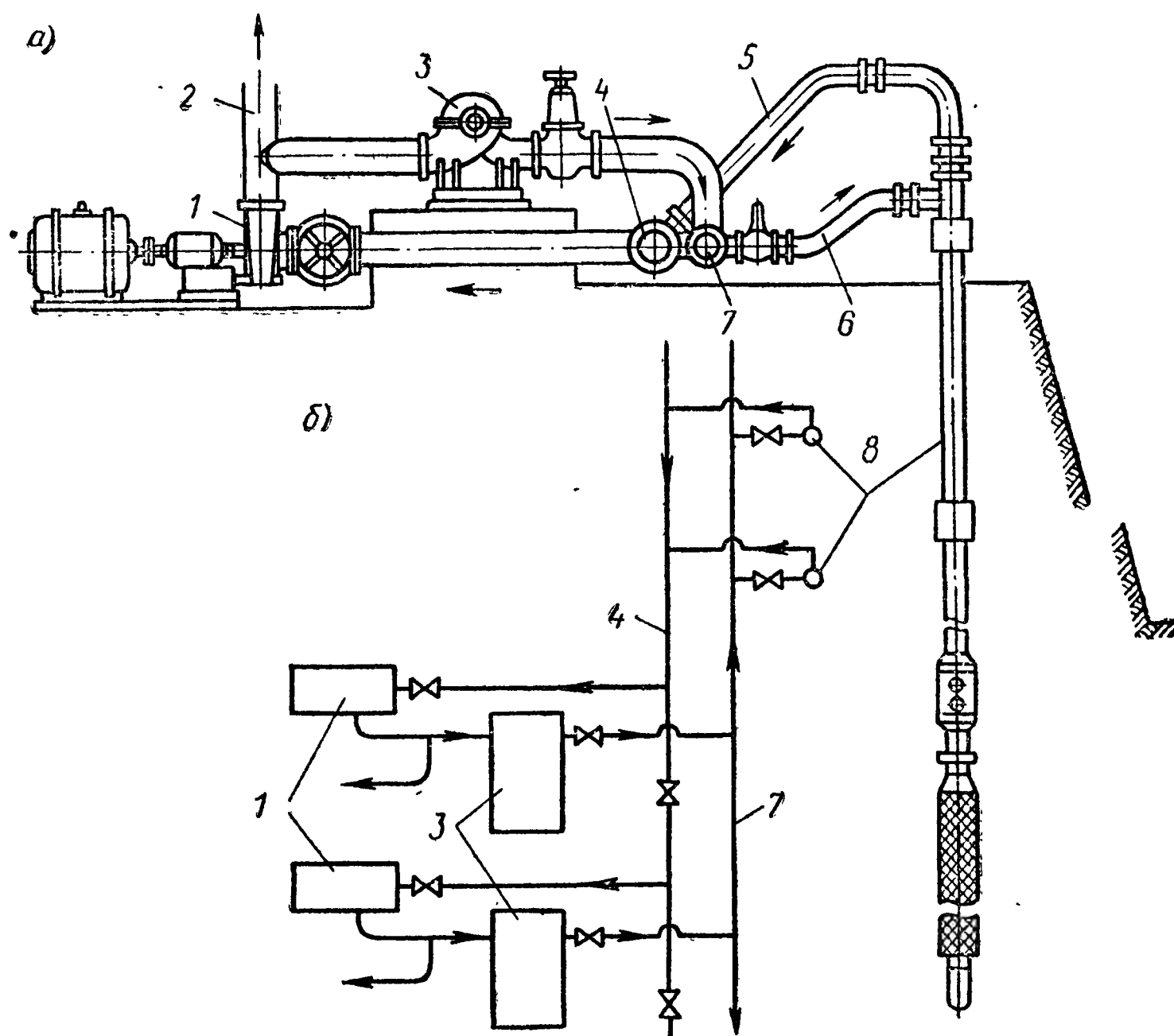


Рис. III-13. Эжекторная установка без циркуляционного резервуара

а — общая схема установки; б — схема коммуникаций; 1 — низководапорный насос; 2 — напорный трубопровод; 3 — высоконапорный насос; 4 — всасывающий коллектор; 5 — выбросной шланг; 6 — соединительный шланг; 7 — распределительный трубопровод; 8 — эжекторный иглофильтр

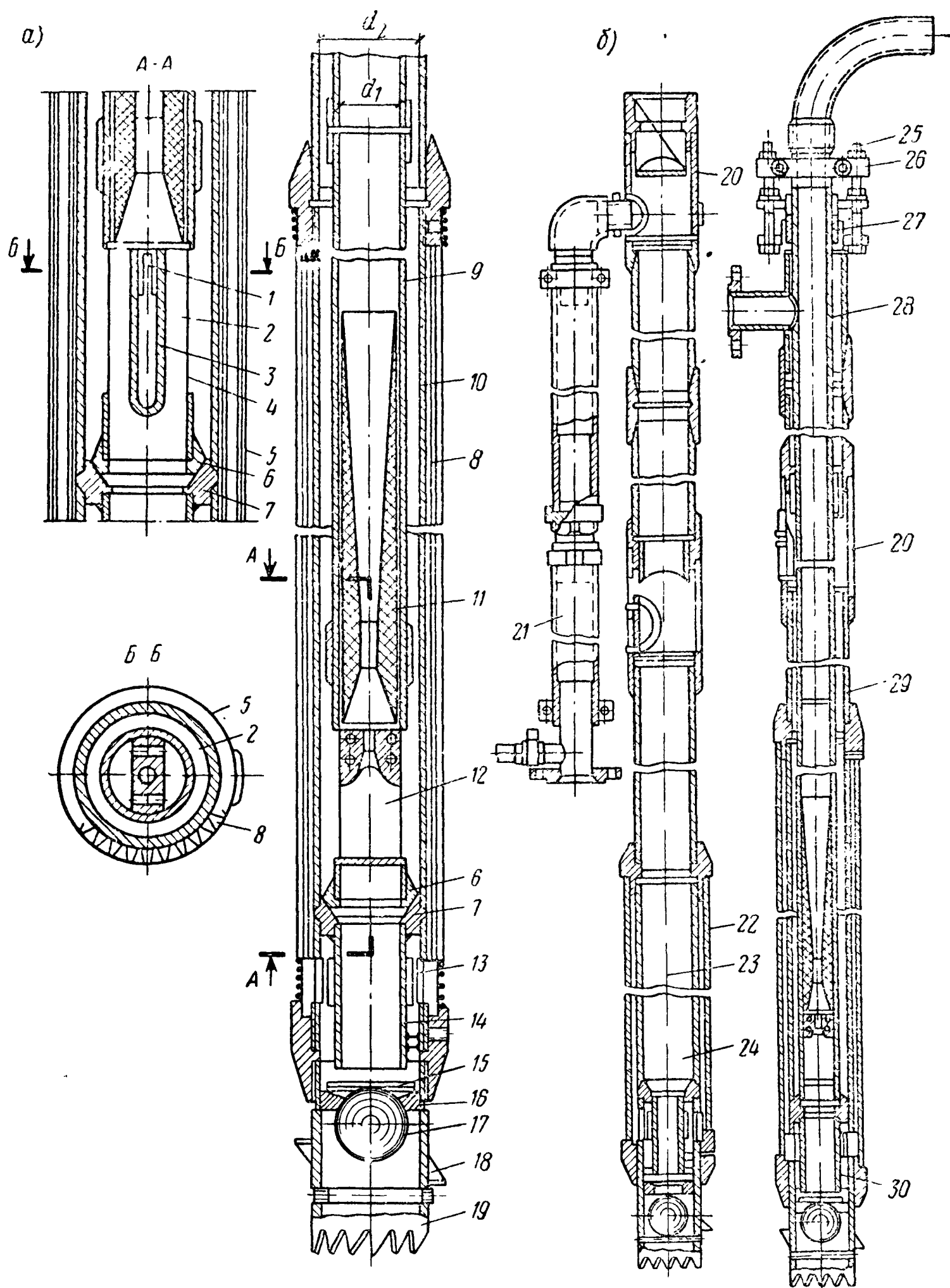


Рис. III-14. Эжекторный иглофильтр

a — фильтровое звено с эжектором; *б* — наружная колонна труб, погружаемая в грунт подмывом и иглофильтр в собранном виде; 1 — насадка эжектора; 2 — полость для прохода откачиваемой воды; 3 — скоба; 4 — патрубок; 5 — сетка; 6 — опорное кольцо; 7 — седло; 8 — каркас фильтра; 9 — водоподъемная труба; 10 — фильтровая труба; 11 — резиновый диффузор; 12 — окна для пуска воды в эжектор; 13 — патрубок с окнами; 14 — приемный патрубок; 15 — кольцевой канал; 16 — седло шарового клапана; 17 — шаровой клапан; 18 — винтовая лопасть; 19 — наконечник; 20 — муфта с клапаном; 21 — шланг для погружения иглофильтров; 22 — гофрированная оболочка; 23 — фильтровое звено; 24 — наружная труба фильтрового звена; 25 — стяжной болт; 26 — хомут; 27 — сальник; 28 — внутренняя колонна труб; 29 — наружная колонна труб; 30 — внутренняя труба.

Эжекторные иглофильтровые установки состоят из иглофильтров с эжекторными водоподъемниками, распределительного трубопровода (коллектора) и центробежных насосов. Эжекторные водоподъемники, помещенные внутри иглофильтров, приводятся в действие струей воды, нагнетаемой в них насосом через коллектор.

Схема эжекторной установки с циркуляционным резервуаром показана на рис. III-12. По этой схеме вода, выбрасываемая из иглофильтра, поступает в лоток и затем сливается в циркуляционный резервуар. Из резервуара часть воды вновь засасывается насосом, остальная часть сбрасывается насосом или отводится самотеком за пределы строительной площадки.

Схема эжекторной установки без циркуляционного резервуара показана на рис. III-13.

В этой схеме вода из иглофильтра поступает во всасывающий трубопровод, соединенный с высоконапорным насосом. Избыток воды сбрасывается по трубопроводу, а циркуляционный расход подается низконапорным насосом под некоторым давлением высоконапорному насосу, который повышает давление до необходимой величины и нагнетает воду в распределительный трубопровод.

Эжекторный иглофильтр состоит из надфильтровых труб (рис. III-14) диаметром $2\frac{1}{2}$ (ЭИ-2,5) или 4 дюйма (ЭИ-4), фильтрового звена, из внутренних колонн водоподъемных труб, к нижнему концу которых прикреплен эжекторный водоподъемник, состоящий из насадки и диффузора. Наружная колонна труб погружается в грунт с помощью напорной струи воды, подаваемой от насоса по шлангу.

Фильтровое звено, показанное на рис. III-14, позволяет устанавливать эжекторный водоподъемник в нижней части фильтра. Фильтровое звено состоит из трубы и напаянных на нее цилиндров из гофрированных листов оцинкованной стали, представляющих собой каркас, по которому натянута фильтрационная сетка. В нижнем конце трубы вварено седло, на которое через опорное кольцо опирается колонна водоподъемных труб с эжекторным водоподъемником. К седлу приварен патрубок для подачи струи воды, нагнетаемой при гидравлическом погружении иглофильтра. Фильтровое звено оканчивается наконечником с зубчатой коронкой, на наружной поверхности которого приварены лопасти, обеспечивающие рыхление грунта при погружении иглофильтра.

Внутри наконечника (в его верхней части) вварено седло, в которое снизу упирается плавающий шаровой клапан, представляющий собой деревянное ядро в резиновой оболочке. Сверху на скошенной поверхности седла лежит легкий кольцевой клапан.

Струя воды, нагнетаемая при гидравлическом погружении иглофильтра, отбрасывает шаровой клапан и выходит через наконечник в грунт, при этом кольцо давлением отраженной струи воды прижимается к торцу патрубка, закрывает кольцевое пространство между патрубком и трубой и предотвращает утечку нагнетаемой воды через окна, которые предназначены для пропуска воды, засасываемой из грунта во время работы установки.

В тех случаях когда нет необходимости опускать эжекторный водоподъемник в нижний конец фильтрового звена (например, в ЭИ-2,5), применяется несколько иная конструкция иглофильтра. В этой конструкции седло для упора водоподъемной колонны труб образовано конической расточкой в муфте, соединяющей фильтровое звено с надфильтровой колонной.

Откачка воды из эжекторных иглофильтров при эксплуатации установки производится струей воды, нагнетаемой через кольцевой зазор между водоподъемной колонной и наружными трубами иглофильтра. Кольцевая полость сверху уплотнена сальниками, а снизу — упорным кольцом.

Вода, нагнетаемая через кольцевую полость, поступает в окна (см. рис. III-14), вырезанные с двух сторон в стенках патрубка. В вырезы вставлена и приварена к стенкам трубы скоба, в верхнем конце которой укреплен корпус насадки эжектора.

Поток рабочей воды, поступающей в полость скобы, устремляется в насадку, и, выходя из нее с большой скоростью, создает разряжение, под действием которого через свободное сечение патрубка засасывается грунтовая вода, прошедшая предварительно через фильтр. Дальше оба потока воды поступают в камеру смешения и диффузор, в котором скорость движущегося потока постепенно уменьшается, а давление соответственно возрастает. Поднявшись по водоподъемной колонне, вода изливается в лоток или коллектор.

В конструкции эжекторного водоподъемника, показанного на рис. III-14, камера смешения и диффузор образуются одной общей деталью, изготовленной из рези-

ны. Стальные диффузоры подвержены коррозии, ухудшающей работу эжектора, диффузоры же из латуни требуют значительного расхода дефицитного металла. Поэтому, как правило, рекомендуется применять диффузоры из резины.

Отдельные иглофильтры водопонизительной установки соединяются с распределительным трубопроводом резиновыми шлангами, на концах которых укреплены фланцы. Один конец шланга присоединяется к фланцу задвижки, устанавливаемой соответствующими патрубками коллектора и шлангом, а другой — к тройнику иглофильтра.

Распределительный (напорный) трубопровод собирают из звеньев стальных водопроводных труб с приваренными патрубками для присоединения иглофильтров и высоконапорного насоса.

При большом количестве иглофильтров рекомендуется распределительный трубопровод делать переменного сечения с уменьшением диаметра по мере удаления от насоса точек присоединения иглофильтров.

Для подачи рабочей воды в иглофильтровые установки применяются центробежные насосы НДВ, НДС и МС. Для сброса воды из циркуляционного резервуара или для подачи воды в распределительный трубопровод используются центробежные консольные насосы типа К.

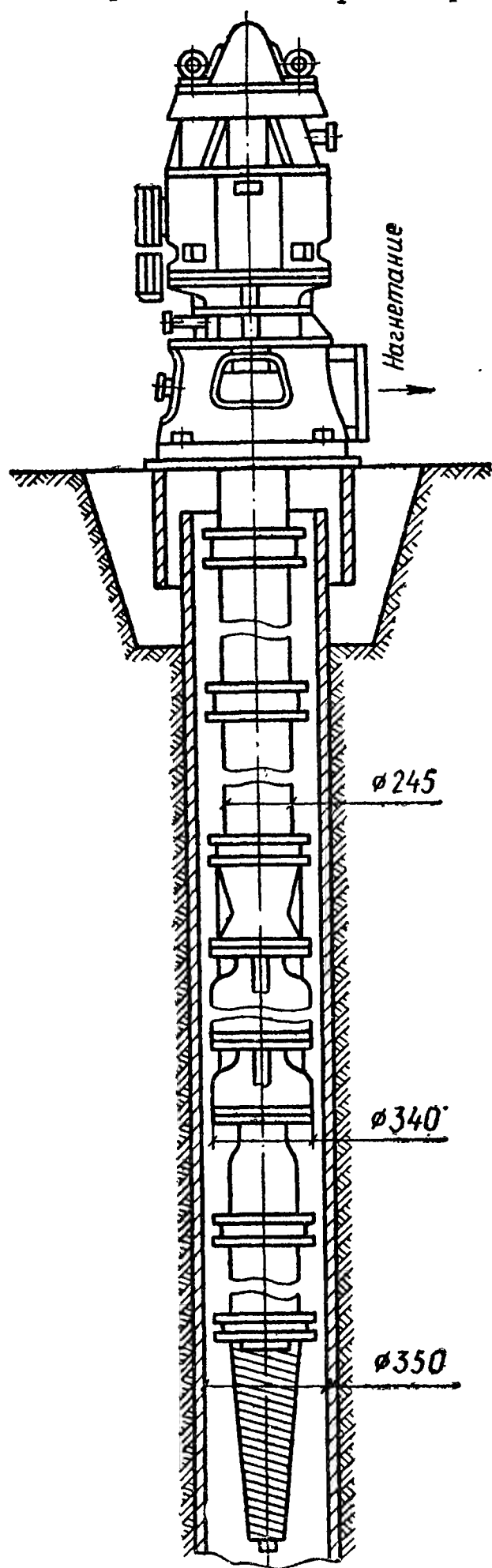
Отвод откачиваемой воды осуществляется трубопроводом из фанерных труб, водоотводящими деревянными лотками и в особых случаях напорным трубопроводом из стальных труб.

Т а б л и ц а III-5
Основные технические данные эжекторных
иглофильтров ЭИ

Показатель	Марка иглофильтра	
	ЭИ-2,5	ЭИ-4
Иглофильтр:		
диаметр, дюйм	2,5	4
длина фильтрового звена, м . .	1	4—6
Эжектор иглофильтра:		
диаметр сопла, мм	7	12
Расход рабочей воды при напоре 0,6—1 МПа, л/с	1,2—1,6	3,6—4,6
Производительность при напоре рабочей воды 0,6—1 МПа, л/с	1—1,8	2,9—5,1

Серийного производства эжекторных установок нет. Установки изготавливаются небольшими партиями предприятиями строительной индустрии для строительных организаций, выполняющих водопонижительные работы по индивидуальным проектам водопонижения.

Краткая характеристика эжекторов приведена в табл. III-5.



в. Артезианские турбинные и глубинные насосы погружного типа

При водопонижении для откачки воды из вертикальных скважин с диаметром труб обсадной колонны не менее 200 мм применяются артезианские турбинные насосы типа АТН. В настоящее время используются следующие марки насосов типа АТН: АТН-8, АТН-10, АТН-14 и АТН-16. Для водопонижения наибольшее применение получили насосы АТН-8 и АТН-10.

Насосы типа АТН могут иметь различное число рабочих колес, от количества которых зависит величина напора, создаваемого насосом. У насосов АТН-8-1, АТН-10-1, АТН-14-1 закрытые рабочие колеса, а насосы АТН-8-11, АТН-10-11, АТН-10А и АТН-16 имеют открытые рабочие колеса.

Насосы типа АТН (рис. III-15) состоят из насосного узла, колонны напорных труб с помещенным в них приводным валом и приводной головки с электродвигателем. Насосный узел и колонна напорных труб помещаются в сква-

Рис. III-15. Схема установки артезианских турбинных насосов типа АТН

жине, а электродвигатель устанавливается над устьем скважины.

При любом режиме работы насосы типа АТН не допускают перегрузку электродвигателя, вследствие того что кривые мощности и к. п. д. насоса имеют пологое начертание.

Техническая характеристика насосов типа АТН приведена в табл. III-6.

Глубинные артезианские насосы с открытыми рабочими колесами более пригодны для откачки загрязненной воды, так как в них рабочие колеса (в направляющих аппаратах) не заклиниваются твердыми частицами. Однако из-за неравномерности износа кромок лопаток открытых рабочих колес снижается экономичность работы насоса.

В настоящее время для водопонижения широко применяются глубинные насосы погружного типа (с погружным электродвигателем). Эти насосы имеют ряд преимуществ перед насосами типа АТН: отсутствует длинный приводной вал от двигателя к насосу (поэтому они могут быть использованы в искривленных скважинах), они более компактны и имеют меньший вес, легче монтируются, демонтируются, просты в эксплуатации, есть возможность автоматизировать работу водопонижительной системы, не требуют устройства помещения для насосов над каждой скважиной.

Погружные высоконапорные насосы типа АПВм предназначены в основном для водоснабжения, но используются они и для водопонижения. Насосы этого типа при содержании в воде до 0,05% твердых частиц быстро выходят из строя. Техническая характеристика насосов типа АПВ дана в табл. III-7.

Насос 6АПВ 9×12 имеет закрытые разгруженные радиальные рабочие колеса, закрепленные шпонками и распорными втулками на валу из нержавеющей стали. Корпусом насоса является стальная труба, в которой помещены направляющие аппараты и приставки. В центральной части всасывающего и направляющего корпусов, отлитых из чугуна, предусмотрены втулки с отверстиями для направляющих подшипников. Последние представляют собой стальные втулки с обрезиненной внутренней поверхностью.

Отдельные ступени насоса 8АПВм 10×7 стянуты стяжными шпильками — в этом его отличие от насоса 6АПВ 9×12. Такой способ соединения в большей степени

Техническая характеристика насосов типа АТН

Показатель	Марка насоса									
	АТН-8-1-7	АТН-8-1-11	АТН-8-1-16	АТН-8-1-22	АТН-10-1-4	АТН-10-1-6	АТН-10-1-8	АТН-10-1-11	АТН-10-1-13	АТН-10-1-14
Номинальная производительность, м³/ч . . .			30					70		200
Высота подъема, м .	30	45	65	90	30	45	60	80	100	115
Мощность электродвигателя, кВт	7	10	14	20	14	20	28	40	40	45
Количество рабочих колес	7	11	16	22	4	6	8	11	13	15
Максимальное количество секций колонны напорных труб	15	22	32	44	12	18	24	31	39	47
Основные размеры, мм: минимальный диаметр обсадной трубы			200					250		350

диаметр насоса . .	188	238	340
диаметр колонны напорных труб . .	127	168	245
длина секций напорных труб	1970	2520	2560
диаметр приводного вала "	30	36	52
длина секции приводного вала	2600	2550	2600
высота приводной головки	1090	1360	1725
длина насосного узла	1141	1595	1675
Общий вес, Н	13 300	35 840	101 600
Вес приводной головки, Н "	2600	4830	18 000

**Техническая характеристика
насосов типа АПВ**

Показатель	Марка насоса		
	6АПВ 9×12	8АПВм 10×7	10АПВм 9×7
Номинальная производительность, м ³ /ч	8	18	40
Высота подъема, м	80	120	160
Минимальный внутренний диаметр скважины, мм	150	200	250
Число рабочих колес	12	7	7
Длина насоса с электродвигателем, мм	1273	1950	2772
Мощность электродвигателя, кВт	2,5	12	35
Частота вращения, об/мин	2860	2850	2850
Внутренний диаметр напорных труб, мм	50	80	110
Вес, Н:			
напорного узла	280	590	1700
электродвигателя с кабелем	880	2380	3250
установки с колонной напорных труб	4760	14 860	24 000

гарантирует сохранность деталей при разборке насоса после длительного пребывания его в скважине. Для предотвращения стока воды из напорного трубопровода в скважины и в связи с этим обратного вращения электродвигателя насос оборудован обратным клапаном. Клапан выполнен в виде алюминиевого шара, покрытого резиной. Движение шара вверх под действием напора воды ограничивается рамкой, закрепленной между нагнетательным и верхним патрубками.

В комплект насоса 8АПВм с электродвигателем входят кабель, полихлорвиниловая лента, станция управления ПЭ-5103-ВВЗ, манометр, арматура по оборудованию оголовка скважины (опорное колено, узел верхнего фланца, фланцевая задвижка диаметром 80 мм), а так-

же заготовки из текстолита для подшипников электродвигателя и пяты.

Насос 10АПВм по конструкции и комплектации аналогичен насосу 8АПВм, станция управления ПЭТ-5006-23А2 рассчитана на 78А. По особому заказу к насосу поставляются водоподъемные трубы диаметром 64 или 114 мм.

Глубинные насосы типа АПВм приводятся в действие трехфазными асинхронными электродвигателями МАПЗ с короткозамкнутым ротором. Отечественная промышленность выпускает различные типы и марки глубинных насосов погружного типа.

Для откачки воды из скважин диаметром 200—250 мм предназначены погружные насосы ЭЦНВ-8 и ЭЦНВ-10 с номинальной производительностью 15 и 120 м³/ч и высотой подъема соответственно 145 и 60 м. По отношению к материалу насоса вода должна быть неагрессивной, содержать механических примесей не более 0,6% по весу и иметь температуру не выше 25°С. Характеристика электроцентробежных насосов типа ЭЦНВ приведена в табл. III.8.

Таблица III-8
Техническая характеристика насосов
типа ЭЦНВ

Показатель	Марка насоса	
	ЭЦНВ-8	ЭЦНВ-10
Номинальная производительность, м³/ч	16	120
Высота подъема, м	145, 85	60
К. п. д., %	67	67
Насосный узел:		
тип	Многоступенчатый	Бескорпусный
число рабочих колес	10, 6	3
диаметр колеса, мм	180	225
диаметр напорных труб, мм	65	100
Электродвигатель:		
тип	ПЭДВ	ПЭДВ
мощность, кВт	12	32
частота вращения, об/мин	2850	2850
длина, мм	927	876
Высота насоса с двигателем, мм	2430	1925
Вес насоса с двигателем, Н	740	3270

За последние годы разработаны и внедрены в производство насосы типа ЭЦНВ для скважин диаметром 300—500 мм. Как и насосы типа АПВ, установки ЭЦНВ требуют высококачественных фильтров.

Погружные насосы типа ЭПН (табл. III-9) предназначены для водоснабжения и строительного водопонижения. Благодаря сепараторному устройству, которым оборудованы насосы, твердые частицы, содержащиеся в воде, отбрасываются в напорный трубопровод, предохраняя тем самым от абразивного износа подшипники, опорную пяту и подпятник электродвигателя.

Т а б л и ц а III-9

Техническая характеристика насосов
типа ЭПН

Показатель	Марка насоса		
	ЭПН-6	ЭПН-8	ЭПН-10
Производительность, м ³ /ч .	16	45	100
Высота подъема, м	75	86	95
Число ступеней насоса	9	6	5
Габариты насоса, мм:			
длина	—	1064	728
диаметр (по ребрам)	142	185	225
Электродвигатель:			
мощность (на валу), кВт	5,5	22	50
частота вращения, об/мин	2880	2800	2800
напряжение, В	380	380	380
длина, мм	—	1136	1276
диаметр, мм	—	178	217
Длина насоса с электродвигателем, мм	1640	2100	2000
Вес установки без водоподъемных труб, арматуры и станции управления, Н	—	2800	3150
Вес всей установки, Н	—	22 000	39 000
Диаметр колонны напорных труб, мм	64	131	188

В комплект насосов ЭПН-8 и ЭПН-10 входят станция управления типа СУ-5 и арматура для оборудования оголовка скважины. В комплекте насоса ЭПН-6 предусмотрены станция управления СУ-8, кабель ППВЛ-6, полихлорвиниловая лента, арматура для оборудования

оголовка скважины. Ленинградское отделение института Гидропроект разрабатывает насосы типа ЭПН с более широким диапазоном по напору и расходу.

г. Установка вакуумного водопонижения

Для вакуумного водопонижения предназначены установки УВВ-1м и УВВ-2. Они используются для осушения мелкозернистых грунтов (пылеватых и глинистых песков, супесей, легких суглинков, илов, лессов). Установки типа УВВ-1м можно применять для грунтов с коэффициентом фильтрации не выше 3 м/сут, установки типа УВВ-2 — для грунтов с коэффициентом фильтрации не выше 10 м/сут. Установки обоих типов можно использовать, когда коэффициент фильтрации грунтов не ниже 0,01 м/сут.

Одноярусные двухрядные (или кольцевые) установки обоих типов способны понижать уровень грунтовых вод между рядами на глубину до 7 м от поверхности земли. Высокая эффективность установок определяется тем, что они работают с вакуумом в приемных звеньях игло-фильтров 0,04—0,06 МПа. Наличие вакуума приводит к просачиванию к приемным звеньям не только грунтовой воды, но и воздуха из атмосферы.

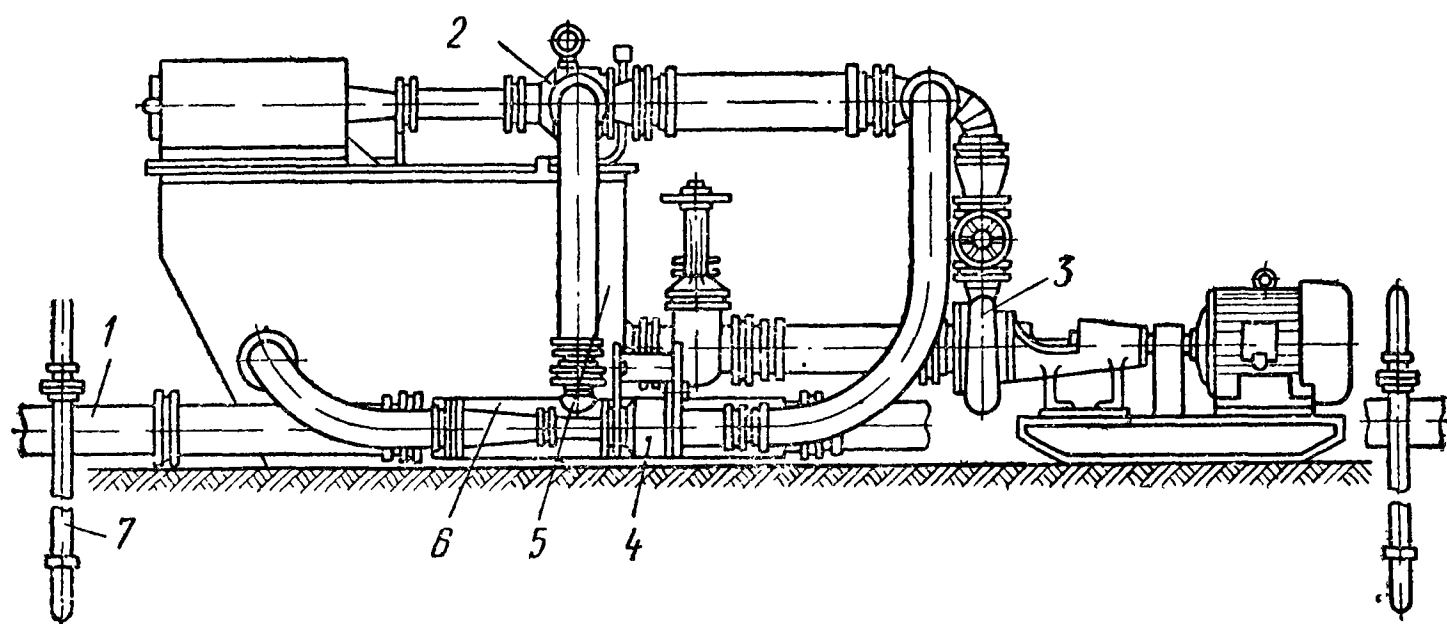
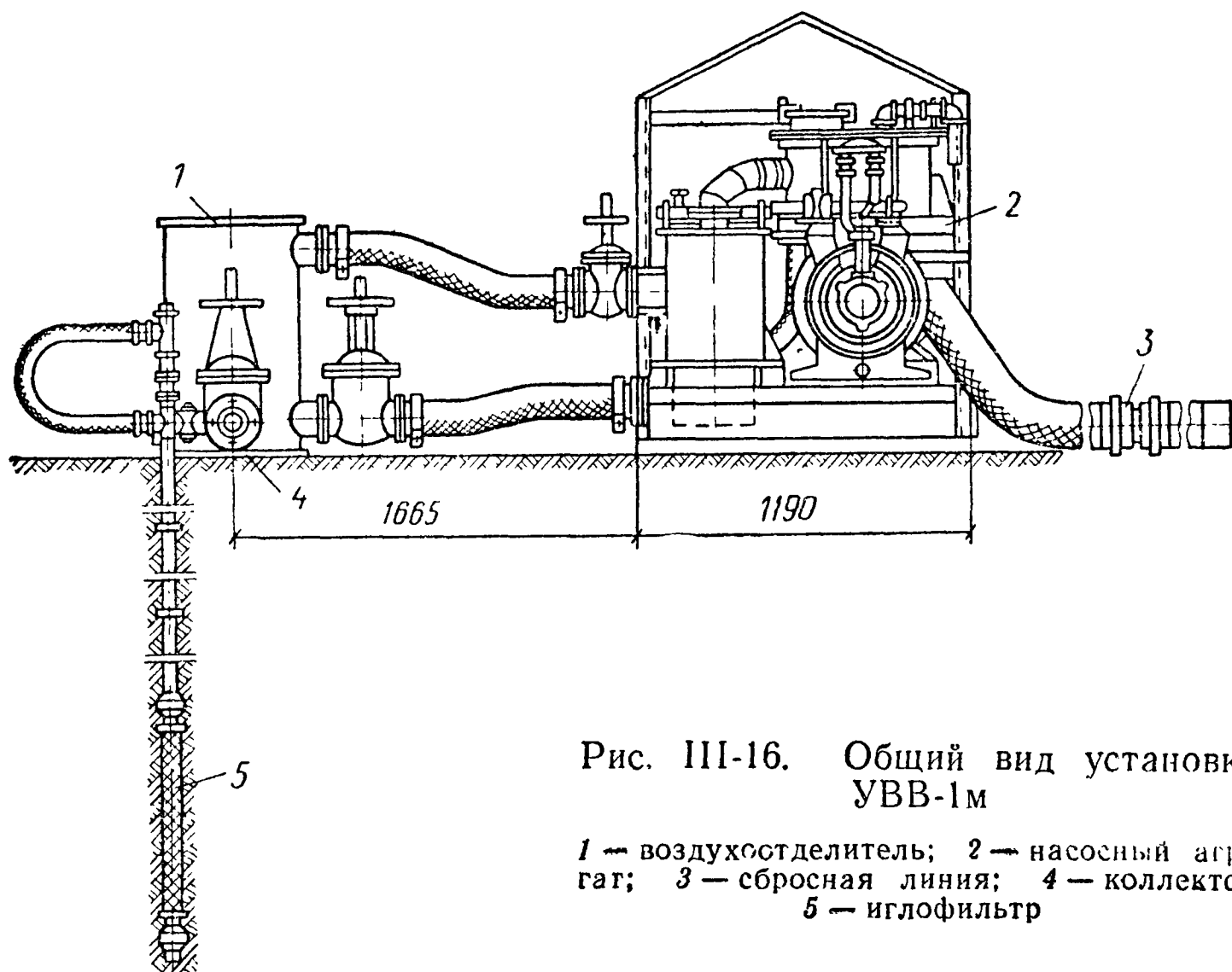
Насосные агрегаты установок УВВ-1м и УВВ-2 способны откачивать нужное количество воды и воздуха при высоких (до 0,09 МПа) вакуумах во всасывающих коллекторах. При необходимости осушения грунтов, коэффициент фильтрации которых допускает применение установок обоих типов, предпочтение следует отдавать установкам УВВ-1м при больших масштабах осушительных работ и длительных сроках откачки и установкам УВВ-2 при производстве работ на средних и малых объектах и частых перемещениях установок с одной позиции на другую.

- В комплект установки УВВ-1м (рис. III-16) входят насосный агрегат; 24 звена всасывающего коллектора диаметром 150 мм, длиной по 4,5 м; 100 легких игло-фильтров, снабженных воздушными трубками; сбросная линия длиной 20 м.

Насосный агрегат включает в свой состав ротационный вакуумный насос ВВН-12 с электродвигателем АО2-72-4, центробежный насос 1½ К-6а с электродвигателем АО2-21-2, приемную и распределительную камеры

и другие вспомогательные устройства. Суммарная мощность электродвигателей агрегата 30 кВт. Насосный агрегат установки весит 15 000 Н, полный комплект оборудования 90 000 Н.

В комплект установки УВВ-2 (рис. III-17) входят насосный агрегат, 12 звеньев коллектора диаметром 150 мм, длиной по 4,5 м и 50 легких иглофильтров. На-



сосный агрегат установки состоит из трех блоков. Одним из них является приемное звено коллектора, жестко связанное с водо-водяным эжектором, вторым — водообменный бак с вмонтированным в него воздушным и грязевым эжекторами, третьим — блок, состоящий из центробежного насоса 6К-8 с электродвигателем АО2-72-4 мощностью 30 кВт. Блоки объединяются в единую систему резиновыми рукавами.

Рабочие характеристики водовоздушного и водо-водяного эжекторов, определяющие зависимость откачиваемых ими расходов воды от величины вакуума в приемном звене, показаны на рис. III-18, а, б. Вес насосного агрегата (входящих в него блоков и коммуникаций) 16 000 Н. Вес полного комплекта оборудования 50 000 Н.

Для водопонижения в сложных гидрогеологических условиях применяются эжекторы, вакуумные водопонижительные установки (ЭВВУ) с концентрическим водоприемником [2]. Благодаря наличию кольцевого вакуумного водоприемного зазора, который образуется между фильтровой оболочкой и концентрически расположенным в ней эжекторным водоподъемником, полость последнего имеет непосредственный контакт со всеми осушаемыми слоями грунта.

Установка ЭВВУ предназначена для осушения водоносных горизонтов, состоящих из слабопроницаемых, слоистых и различной проницаемости грунтов толщиной 7—25 м. Одна установка защищает 90 м периметра котлована от притока грунтовых вод.

В комплект установки входят: 30 вакуумных концентрических водоприемников для осушения слоистых грунтов и 30 эжекторных иглофильтров для осушения однородных грунтов, циркуляционный резервуар, основной и резервный насосы, напорно-распределительный трубопровод, сливной и сбросной коллекторы (рис. III-19).

Вакуумный концентрический водоприемник (рис. III-20) состоит из эжекторного водоприемника с рабочи-

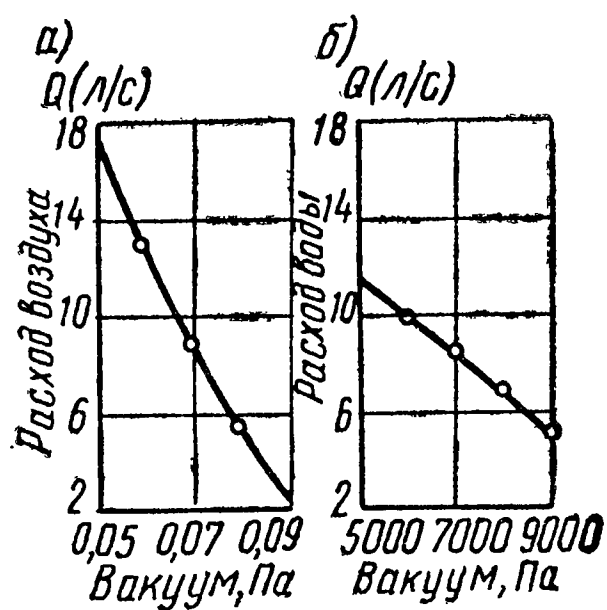


Рис. III-18. Характеристика эжектора

а — водовоздушного; б — водо-водяного

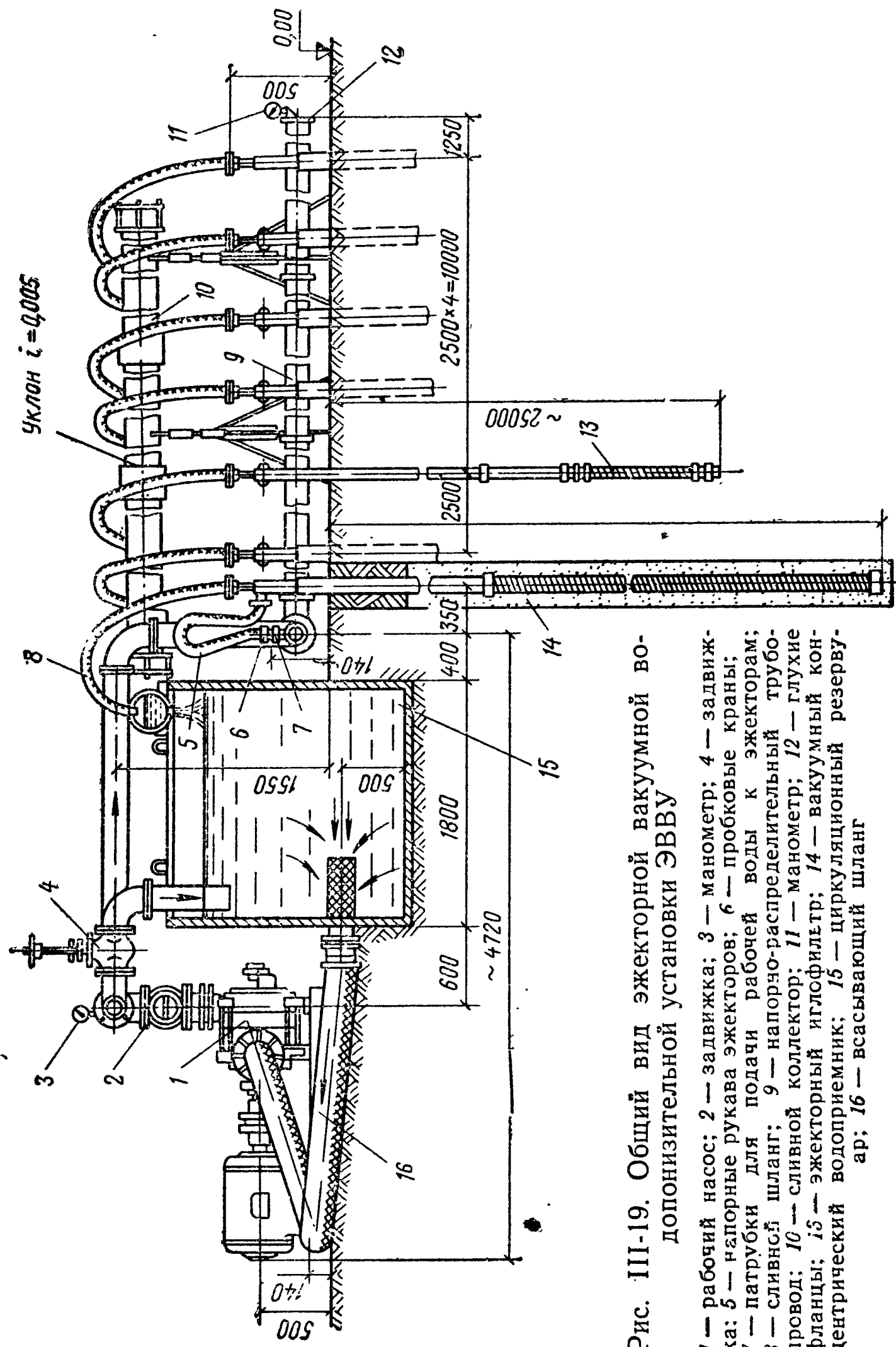


Рис. III-19. Общий вид эжекторной вакуумной во-
допонижительной установки ЭВВУ

1 — рабочий насос; 2 — задвижка; 3 — манометр; 4 — задвижка; 5 — напорные рукава эжекторов; 6 — пробковые краны; 7 — патрубки для подачи рабочей воды к эжекторам; 8 — сливной шланг; 9 — напорно-распределительный трубопровод; 10 — сливной коллектор; 11 — манометр; 12 — глухие фланцы; 13 — эжекторный иглофильтр; 14 — вакуумный концентрический водоприемник; 15 — циркуляционный резервуар; 16 — всасывающий шланг

ми органами, фильтровой оболочки, надфильтровой трубы, соединительных муфт, направляющих фонарей и уплотнительного устройства. В качестве фильтровой оболочки использован фильтр из профилированной узкой стальной оцинкованной ленты. Прочностные характеристики ленточных фильтров следующие: предельные нагрузки на осевое сжатие 5000—6000 Н, на боковое сжатие 20 000 Н на 1 м, на осевое растяжение 2800—3000 Н. Изготовление ленточных фильтров освоено на московском заводе «Металлорукав».

Установка оборудована двумя насосами марки 6МС7 с электродвигателем мощностью 75 кВт, производительностью 175 м³/ч при напоре воды 86 м. Циркуляционный резервуар объемом не менее 4,5 м³ изготовлен из листовой стали. Напорно-распределительный трубопровод состоит из отдельных звеньев длиной по 6 м с соединительными фланцами и патрубками, через которые подается рабочая вода к эжекторам. Сливной коллектор монтируют из стальных или фанерных труб либо устраивают лотки.

Установка ЭВВУ работает так: из циркуляционного резервуара вода забирается рабочим насосом и под давлением через распределительный трубопровод подается в межтрубное пространство эжектора. Отсюда вода поступает к рабо-

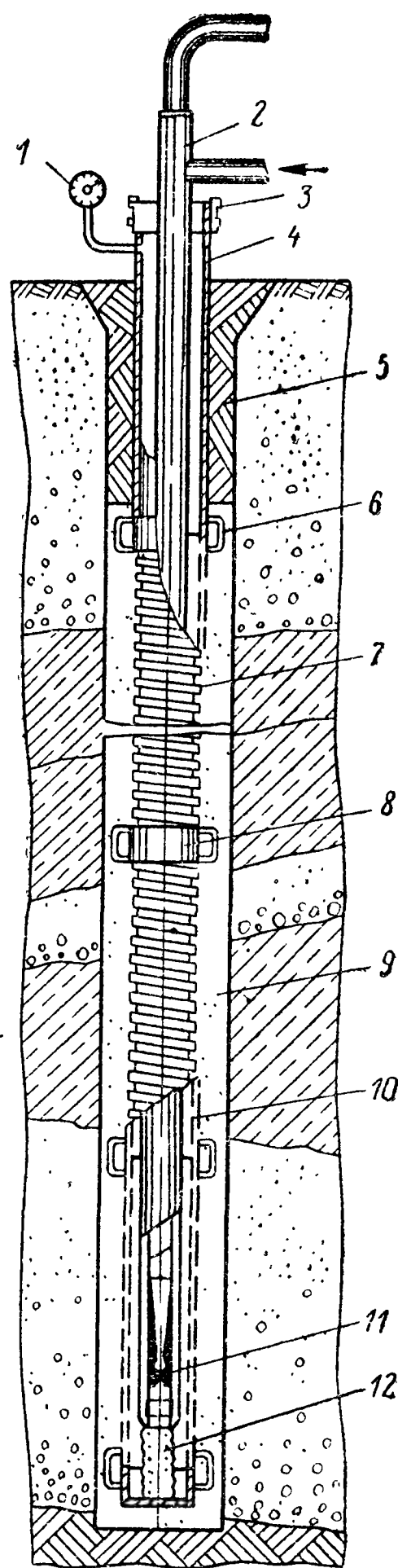


Рис. III-20. Схема скважины, оборудованной вакуумным концентрическим водоприемником

1 — вакуумметр; 2 — эжекторный водоподъемник; 3 — уплотнительное устройство; 4 — надфильтровая труба; 5 — глиняный тампон; 6 — направляющие фонари; 7 — фильтровая оболочка; 8 — соединительная муфта; 9 — песчано-гравийная обсыпка; 10 — полость фильтра; 11 — рабочие органы эжектора; 12 — водоприемная труба эжектора

чим органам эжектора и, вытекая с большой скоростью из сопла насадки в горловине диффузора, в результате внезапного расширения струи создает разрежение.

Расположенная между насадкой и горловиной диффузора вакуумная зона сообщается с внутренней полостью фильтра. Вода, засасываемая из грунта в эту полость, попадает вместе с рабочей водой в сливной коллектор. Отсюда она поступает в циркуляционный резервуар. Часть воды из резервуара отводится за пределы строительной площадки, а другая часть вновь поступает в насос для питания эжекторов.

Если расход грунтовой воды, поступающей в зону осушения, больше, чем циркуляционной, прием грунтовой воды в эжектор происходит без вакуума. В тех случаях когда расход поступающей из грунта воды меньше, чем циркуляционной, отсос воды из грунта происходит под вакуумом.

Отношениям расхода воды, поступающей из грунта, к расходу циркуляционной воды, равным 1; 0,75; 0,5; 0,25; 0, соответствуют величины вакуума 0; 0,06; 0,08; 0,09; 0,1 МПа, возникающего в зоне смещения эжектора. В случае прорыва в эжектор атмосферного воздуха эти величины уменьшаются и при потоке воздуха, движущегося со скоростью более 1,5 м/с, вакуум в эжекторе не развивается. В связи с этим необходимо принимать такое расположение вакуумных концентрических скважин, при котором минимальное расстояние от их фильтровой части до поверхности откосов или дна котлована составляло не менее 3 м.

Бурить скважины в слабопроницаемых и слоистых грунтах следует под защитой обсадных труб диаметром не менее 219 мм. Проходка скважин с использованием глинистого раствора вместо обсадных труб не допускается.

Гранулометрический состав материала обсыпки фильтра подбирают из условия

$$\frac{D_{50}}{d_{50}} = 5 \dots 10.$$

Рекомендуется также соблюдать условие $K_{об} > K_{гр}$,

где D_{50} и d_{50} — размеры частиц, меньше которых в материале обсыпки (D_{50}) и в грунте водоносного слоя (d_{50}) содержится по 50% их массы;

$K_{об}$ и $K_{гр}$ — соответственно коэффициенты фильтрации материала обсыпки и грунта.

При производстве строительных работ в водонасыщенных грунтах, отличающихся плохой водоотдачей (глинистых, илистых, суглинистых), с коэффициентом фильтрации $K < 1$ м/сут применяется электроосушение грунтов (электроосмотическое водопонижение).

Способ электроосушения основан на свойстве передвижения воды в глинистом грунте под действием посто-

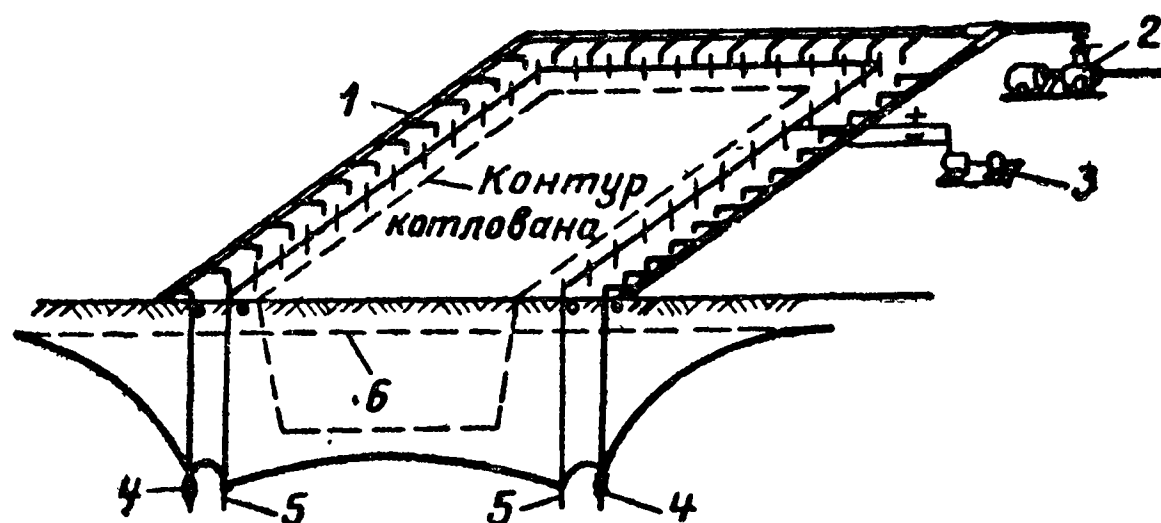


Рис. III-21. Схема электроосушения грунтов

1 — водосборный коллектор; 2 — насосный агрегат; 3 — мотор-генератор; 4 — иглофильтр-катод; 5 — стержень-анод; 6 — уровень грунтовых вод до электроосушения

янного электрического тока (электроосмос). Для этого по периметру котлована устанавливают иглофильтры-катоды, соединенные с отрицательным полюсом источника постоянного электрического тока, и трубы-аноды (или стержни), соединенные с положительным полюсом (рис. III-21).

При пропускании тока вода, заключенная в порах грунта, передвигается от анода к катоду. При откачке воды из котлованов уровень напора в массиве грунта снижается. Источником постоянного электрического тока служат сварочные агрегаты или передвижные преобразователи, техническая характеристика которых приведена в табл. III-10.

Оборудование для электроосушения грунтов состоит из комплекта одного из типов легкой иглофильтровой установки (ЛИУ-2, ЛИУ-3, ЛИУ-6), генератора постоянного электрического тока и комплекта труб-анодов (или стержней), по длине и количеству равных иглофильтрам.

Технические характеристики

Показатель	Марка сварочного агрега			
	АСБ-300-2	АСД-300	ПАС-400-IV	АСДП-500Г
Сварочный генератор:				
тип	ГСО-300	ГСО-300	СГП-3-VI	ГСМ-500
номинальное напряжение, В . . .	30	30	40	40
номинальный ток при ПВ=65%, А	300	300	400	500
пределы регулирования тока, А .	75—320	75—320	120—160	15—300
Двигатель:				
тип	ГАЗ-МКА (бензиновый)	5П-4-44 $\frac{8,5}{11}$ (дизель)	ЗИЛ-120 (бензиновый)	ЯАЗ-М20-4Г (дизель)
мощность, кВт	30	20	65	60
Исполнение . .	Переносной на раме или одноосный прицеп		На раме с роликами для перемещения	Двухосный прицеп
Вес, Н	8500	9800	19 000	49 000
Габариты, мм:				
длина	2080	1885	2 950	4 000
ширина	895	875	1 920	1 900
высота	1730	1470	880	1 650

Мощность генератора постоянного тока подбирается из расчета 0,5—1 А на 1 м² площади электроосмотической завесы. Напряжение генератора не должно превышать 30—60 В. Затраты электроэнергии составляют 2—10 кВт/ч на 1 м³ оконтуренного грунта.

сварочных агрегатов

та	Марка преобразователя				
	САМ-250	ПСО-120	ПСО-500	ПС-500	ПС-300т ПСМ-1000
СМГ2М-IV	ГСО-120	ГСО-500	ГС-500	ГС-300т	СГ-1000
30	25	40	40	30	60
250	120	500	500	300	1000
70—340	30—120	420—600	120—600	75—340	—
ПМ-100 (электри- ческий)	АВ-42-2	АВ-72-4	АВ-72-4	А-63/4г	ВДЭ-75
14	4	28	28	14	60
Стацио- нарный	На колесном ходу				Стацио- нарный
8500	1550	7800	9400	6000	16 000
1770	1055	1275	1400	1200	1 475
650	550	770	770	755	800
920	730	1080	1100	1180	910

Наряду с установкой ЛИУ для электроосушения грунта могут быть использованы установки вакуумного водопонижения УВВ-1м, УВВ-2 и ЭВВУ.

Применение электроосушения требует соблюдения соответствующих правил по технике безопасности.

Глава IV. ФУНДАМЕНТЫ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ОСНОВАНИИ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ФУНДАМЕНТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ОСНОВАНИИ

Фундаменты на естественном основании различаются: по конструкции — на отдельные, ленточные, сплошные и массивные; по материалу — на бетонные и железобетонные (сборные и монолитные), кирпичные, бутовые,

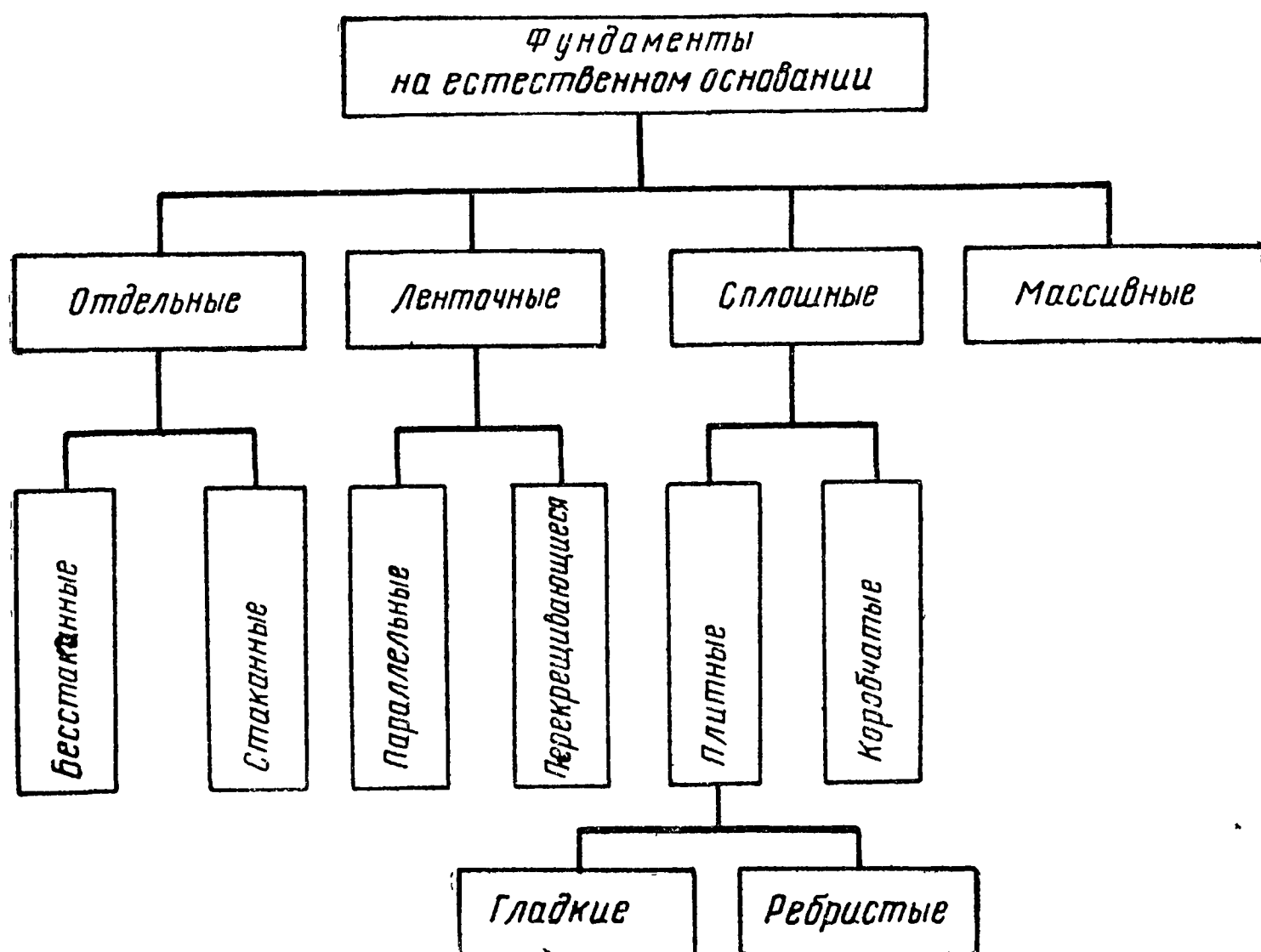


Рис. IV-1. Классификация фундаментов на естественном основании

из пиленого камня и др.; по назначению — на фундаменты под здания (жилые, промышленные и т. п.), сооружения, оборудование.

Отдельные фундаменты представляют собой столбы с развитой опорной частью, передающие на грунт сосредоточенные нагрузки от колонн, углов зданий, опор рам, балок, ферм, арок и других элементов. Для установки колонн в верхней части отдельных фундаментов устраиваются углубления—«стаканы». Такие фундаменты принято называть отдельными стаканного типа.

Ленточные фундаменты применяются для передачи нагрузки от протяженных элементов строительных конструкций — стен зданий, сооружений, опорных рам оборудования и т. п. По расположению в плане они различаются на перекрещивающиеся и параллельные.

Сплошные фундаменты сооружаются под всей площадью здания. По конструктивным решениям они разделяются на плитные и коробчатые. Плитные фундаменты в свою очередь могут быть ребристыми (кессонными) и гладкими.

Массивные фундаменты устраиваются под башни, мачты, колонны, тяжело нагруженные опоры искусственных сооружений (мостовые опоры), под машины, станки и другое оборудование.

Классификация фундаментов на естественном основании по конструкции приведена на рис. IV-1, а по применяемым материалам — в табл. IV-1.

Т а б л и ц а IV-1

Классификация фундаментов на естественном основании по применяемым материалам

Тип фундамента	Материал				
	бетон и железобетон		бут	кирпич	пиленный камень
	сборный	монолитный			
1. Отдельные:					
бесстаканные . . .	+	+	+	+	+
стаканные . . .	+	+	—	—	—
2. Ленточный . . .	+	+	+	+	+
3. Сплошной . . .	—	+	—	—	—
4. Массивный . . .	—	+	+	+	+
Примечание. Знаком + отмечены материалы, применяемые для перечисленных фундаментов.					

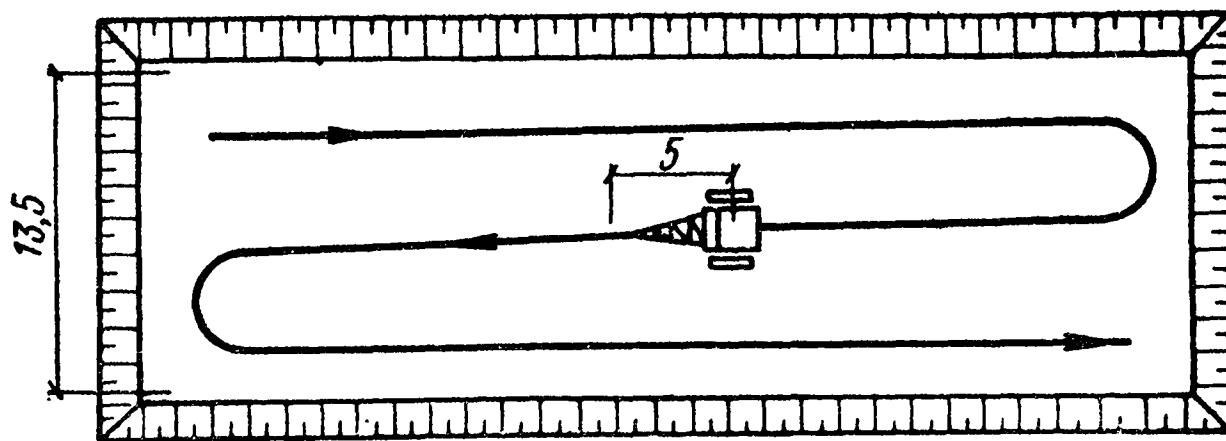


Рис. IV-2. Первая технологическая схема

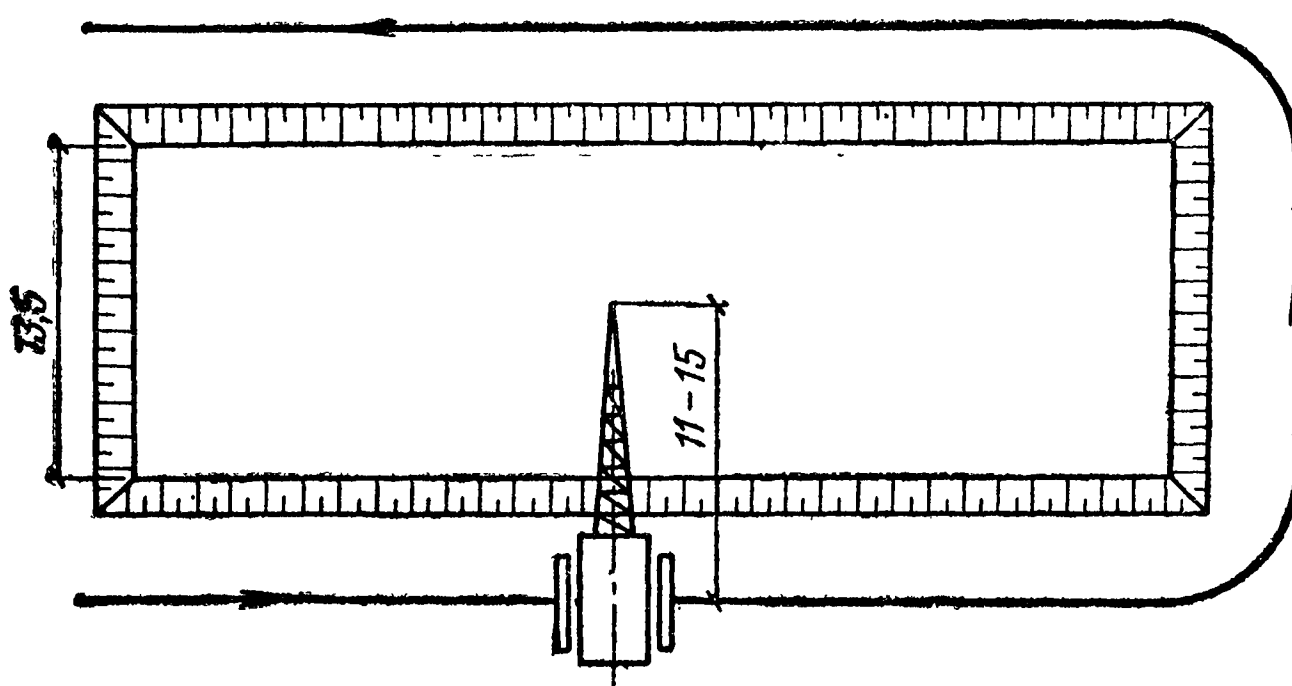


Рис. IV-3. Вторая технологическая схема

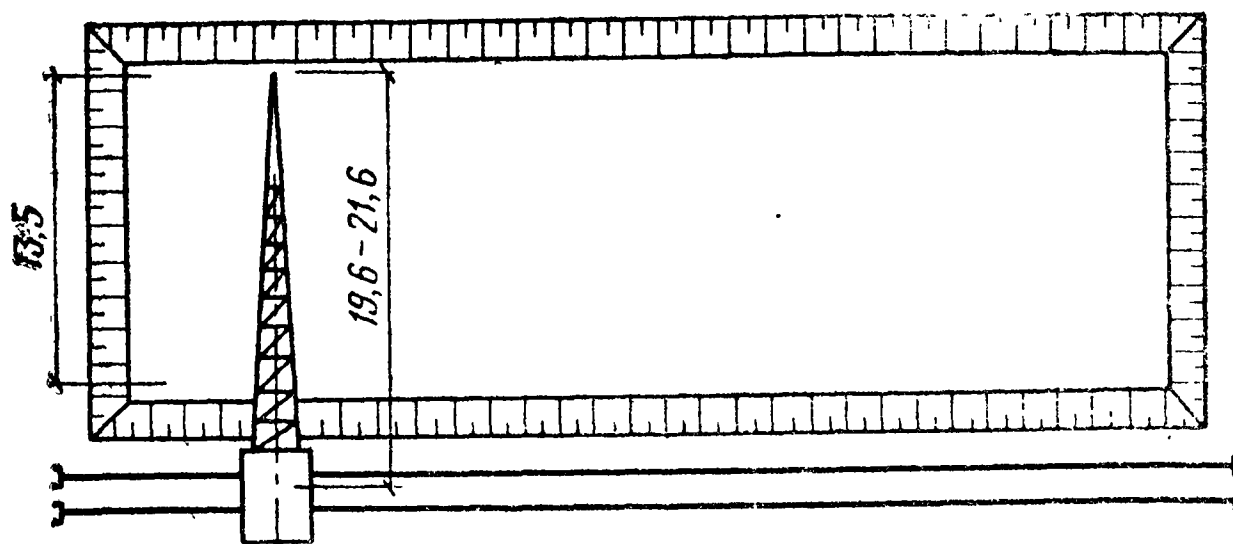


Рис. IV-4. Третья технологическая схема

§ 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЙ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ОСНОВАНИИ

Наибольшее распространение имеют три технологические схемы выполнения работ по устройству подземной части зданий, отличающиеся друг от друга размещением средств механизации и характером их движения.

При производстве работ по **первой** технологической схеме средства механизации размещаются на дне котлована, непосредственно у возводимой конструкции (рис. IV-2); по **второй** — у бровки котлована и движутся вокруг котлована по его периметру (рис. IV-3); по **треть-**

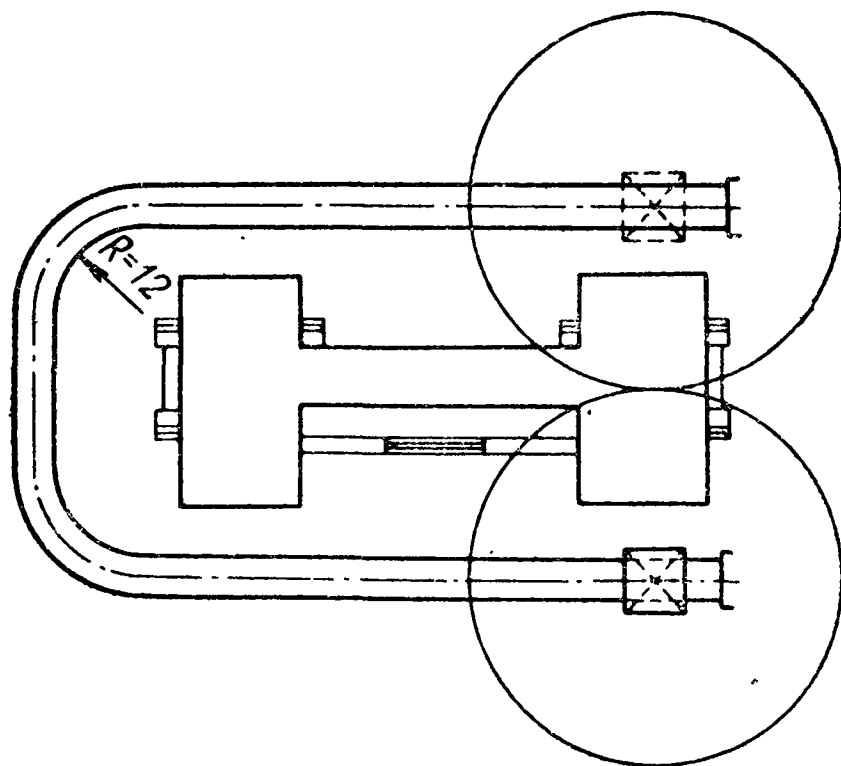


Рис. IV-5. Четвертая технологическая схема

ей — тоже у бровки котлована, но движутся лишь по одной его стороне (рис. IV-4).

При возведении зданий сложной конфигурации третья технологическая схема может заменяться подковообразной (рис. IV-5). Закругление подкрановых путей позволяет при вылете крюка в 20—25 м обеспечить одним краном монтаж всех частей П-образного и других зданий, сложных в плане. При этом радиусы закруглений рельсов принимаются обычно минимальными, что требует обеспечения высокого качества и точности укладки подкрановых путей и тщательной их эксплуатации.

Выбор схем определяется конкретными условиями производства работ и наличным парком строительных машин. Для монтажа подземной части зданий из сборных элементов на ленточных сборных фундаментах мо-

жет оказаться в ряде случаев эффективной схема, предусматривающая использование в качестве монтажного механизма козлового крана (портального типа) (рис. IV-6). Требуемая величина вылета крюка монтажных кранов, бетоноукладчиков и других машин зависит

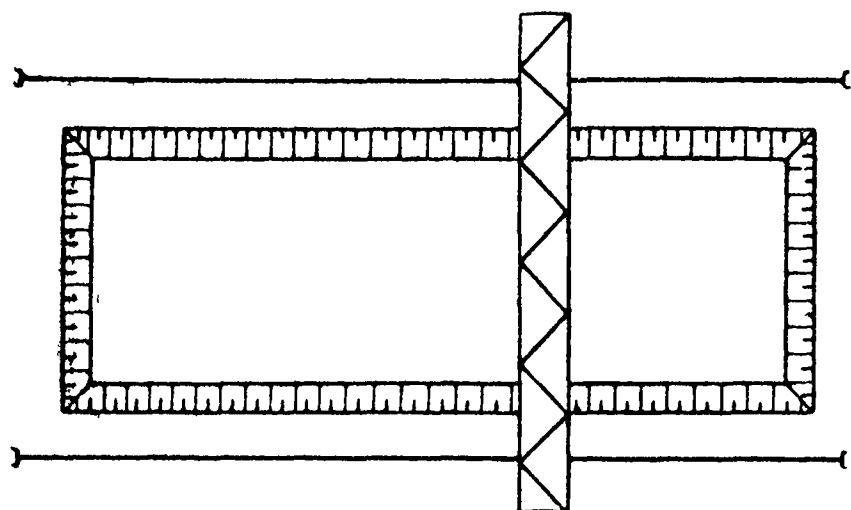


Рис. IV-6. Схема с использованием козлового крана

от выбранной технологической схемы, расположения строительных конструкций в плане, размера базы или ширины колеи машины и допускаемой крутизны откоса котлована или траншеи. Допускаемая крутизна откосов в различных грунтовых условиях по СНиП III-Б.1-71 приведена в табл. IV-2.

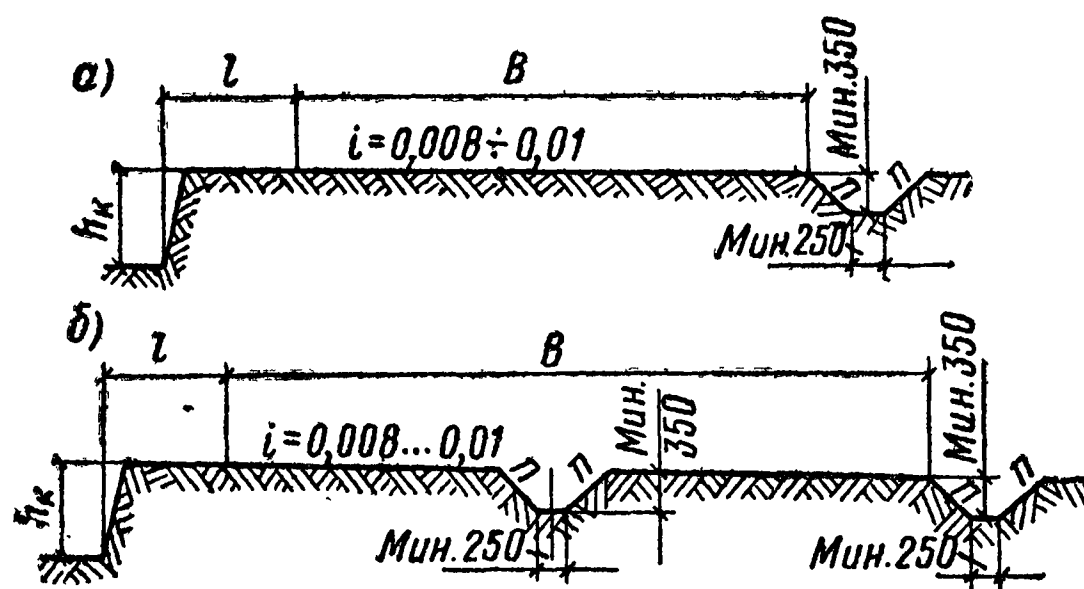


Рис. IV-7. Профиль земляного полотна рельсового пути у откоса котлована

а — для кранов с размером колеи ≤ 5000 мм; б — для кранов с размером колеи > 5000 мм

Схемы устройства подкрановых путей приведены на рис. IV-7 и IV-8. Наименьшее допустимое расстояние K по горизонтали от подошвы откоса выемки до ближайших к выемке опор машины приведено по данным СНиП III-А.11-70 в табл. IV-3.

Т а б л и ц а IV-2

**Допускаемая крутизна откосов котлованов
и траншей (СНиП III-Б.1-71, табл. 9)**

Грунты	Глубина выемки, м, до					
	1,5		3		5	
	Угол между направ- лением откоса и горизонталью, град	Отношение высоты откоса к его заложе- нию	Угол между направ- лением откоса и горизонталью, град	Отношение высоты откоса к его заложе- нию	Угол между направ- лением откоса и го- ризонталью, град	Отношение высоты откоса к его заложе- нию
Насыпные . . .	56	1:0,67	45	1:1	38	1:1,25
Песчаные и гра- велистые, влажные (ненасыщенные) .	63	1:0,5	45	1:1	45	1:1
Глинистые:						
супесь . . .	76	1:0,25	56	1:0,67	50	1:0,85
суглинок . .	90	1:0	63	1:0,5	53	1:0,75
глина . . .	90	1:0	76	1:0,25	63	1:0,5
лессовый су- хой . . .	90	1:0	63	1:0,5	63	1:0,5
Моренные:						
песчаные и су- песчаные . .	76	1:0,25	60	1:0,57	53	1:0,75
суглинистые .	78	1:0,2	63	1:0,5	57	1:0,65
Примечания: 1. При напластовании различных видов грунта кру- тизну откоса для всех пластов надлежит назначать по более слабому виду грунта. 2. К насыпным относятся грунты, пролежавшие в отвалах менее шести месяцев и не подвергающиеся искусственному уплотнению (проездом, укаткой и т. п.).						

Т а б л и ц а IV-3

**Наименьшее допустимое расстояние
по горизонтали от подошвы откоса выемки
до ближайших опор машин К**

Глубина выемки, м	Грунт ненасыпной				
	песчаный и гравийный	супесчаный	суглини- стый	глинистый	лессовый сухой
1	1,5	1,25	1	1	1
2	3	2,4	2	1,5	2
3	4	3,6	3,25	1,75	2,5
4	5	4,4	4	3	3
5	6	5,3	4,75	3,5	3,5

Для упрощения расчетов потребного вылета крюка кранов на рис. IV-9 и IV-10 приведены номограммы, с помощью которых можно определить допускаемые наименьшие расстояния B от оси вращения колесного и гу-

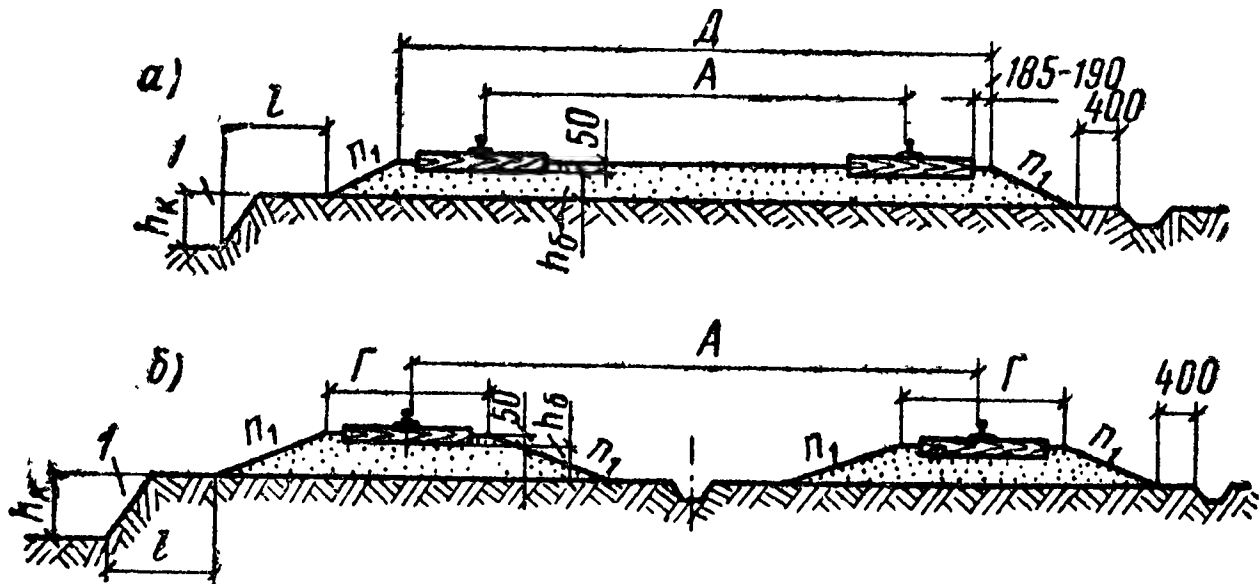


Рис. IV-8. Профиль рельсового пути на деревянных шпалах

a — при колее ≤ 5000 мм; b — при колее > 5000 мм; l — котлован; A — размер колеи; D и Γ — ширина призмы поверху; l — расстояние от основания балластной призмы до края дна котлована; h_k — глубина котлована; h_b — высота слоя балласта

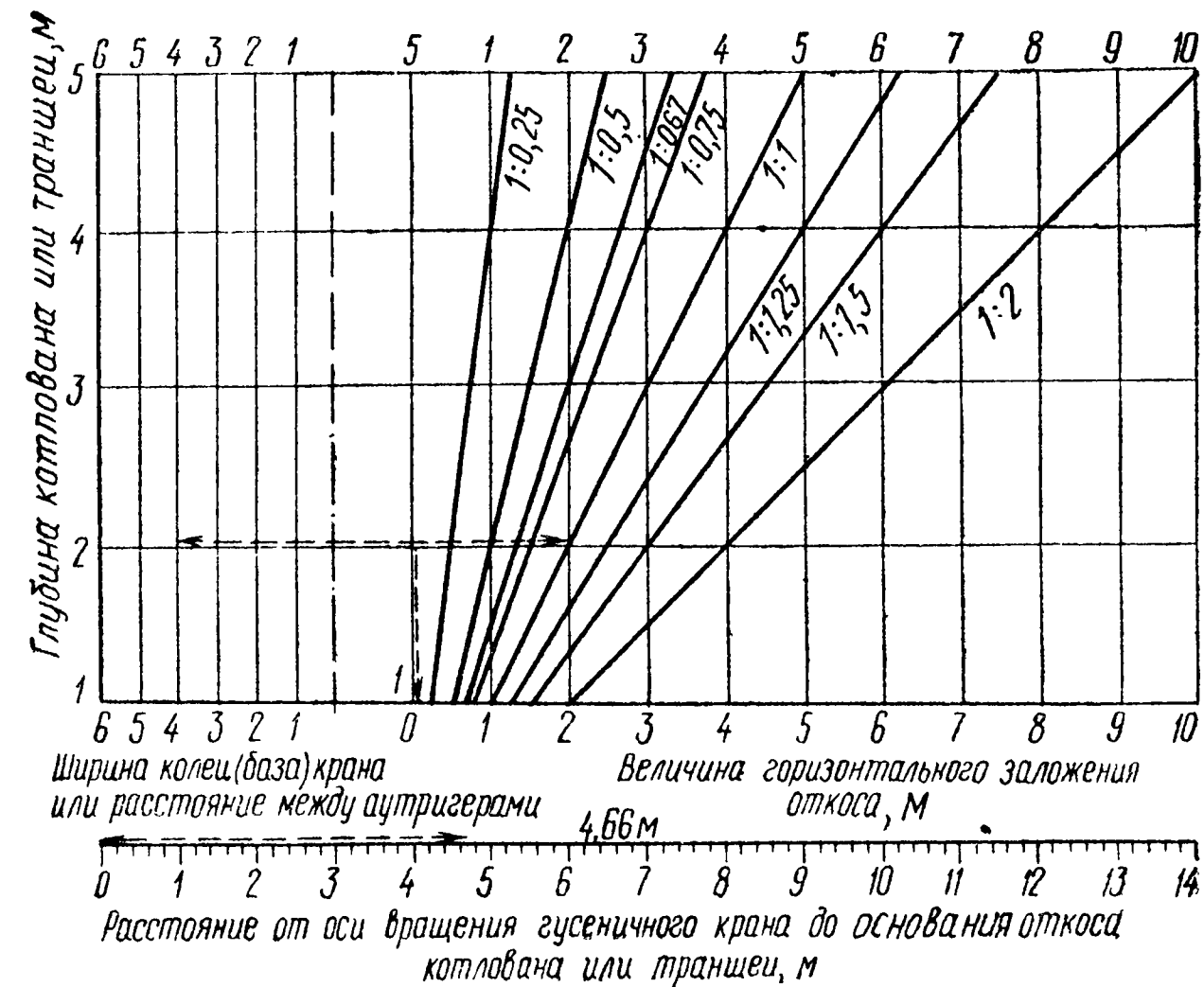


Рис. IV-9. Номограмма для определения расстояния от оси вращения гусеничного (колесного) крана до основания откоса котлована (траншеи)

сеничного (см. рис. IV-9) или (см. рис. IV-10) крана на рельсовом ходу до основания откоса котлована или траншеи.

На номограммах справа нанесены наклонные линии, характеризующие зависимость величины горизонтально-

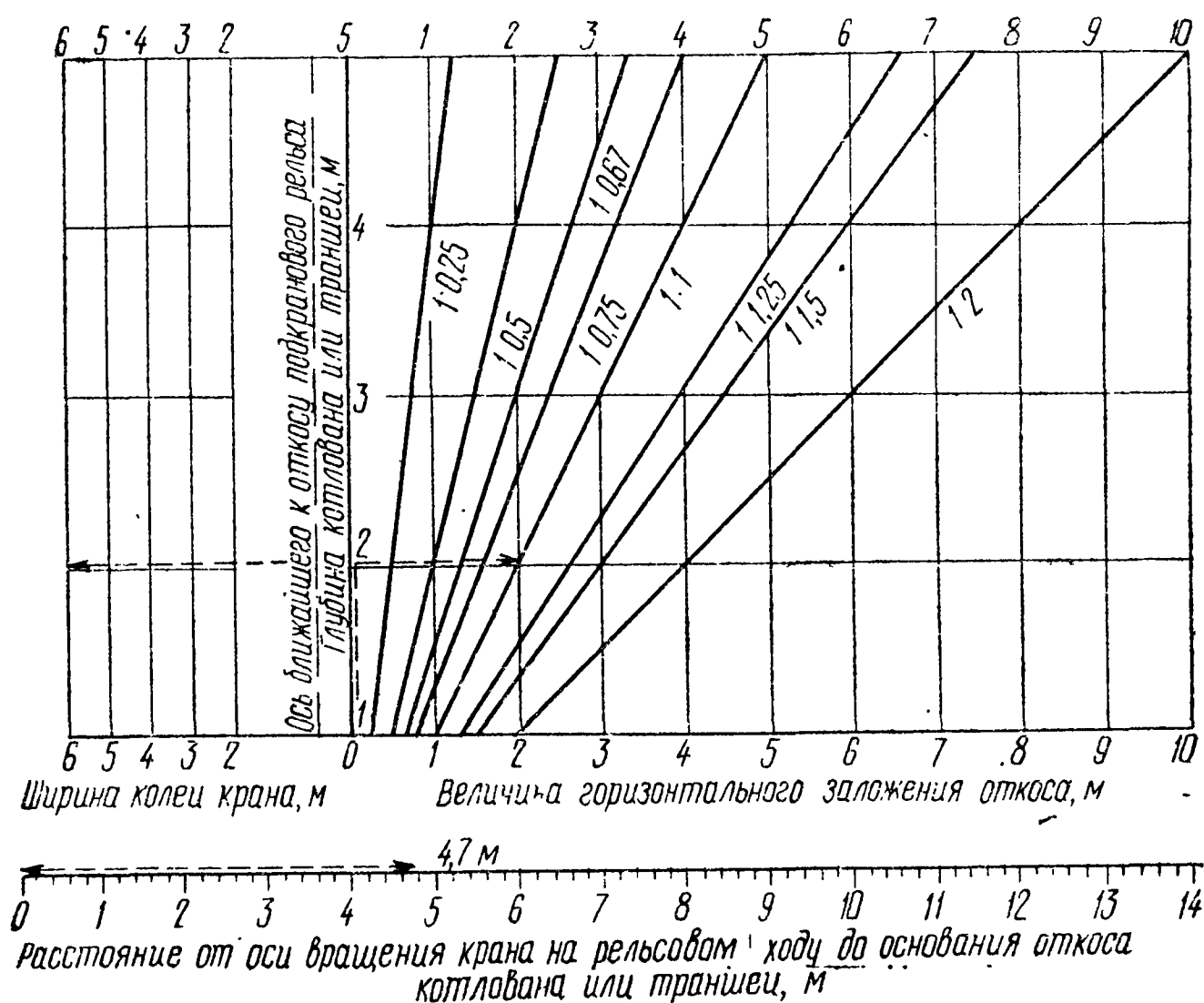


Рис. IV-10. Номограмма для определения расстояния от оси вращения крана на рельсовом ходу до основания откоса котлована (траншеи)

го откоса от глубины траншеи при различной крутизне откоса. Левее отложено минимально допустимое расстояние от бровки котлована (траншеи) до ребра опрокидывания крана (см. рис. IV-9) или до оси ближайшего к откосу подкранового рельса (см. рис. IV-10). Пример пользования номограммой: требуется определить минимально допустимое расстояние от оси вращения крана КС-100 с шириной колеи 4,5 м до откоса котлована глубиной 2 м, разработанного в песчаном грунте естественной влажности. По табл. IV-2 определяем, что допустимая крутизна откоса такого котлована должна быть не менее 1:1. Находим на номограмме (рис. IV-10) по вертикальной шкале точку, соответствующую глубине котлована $H=2$ м. Одну ножку циркуля ставим на точку

Т а б л и ц а IV-4
Общие данные по рельсовым путям основных типов строительных башенных кранов

Марка крана	Колея <i>A</i> и допуск, мм	Разность отметок рельсов при допускаемом поперечном уклоне, мм (не более)		Радиус криволинейного участка пути, м	Минимальное расстояние <i>B</i> от оси пути до здания, мм	Ширина земляного полотна <i>B</i> (рис. IV-7) при балластной призме, мм	
		при укладке	при эксплуатации			из песка и гранулированного металлического шлака	из щебня и гравия
C-391	2500 ± 3	10	25	5,5	2700	5650	5500
КБ-16	2800 ± 3	12	28	7	3100	6200	6050
БК-2	3200 ± 3	13	32	—	2500	6350	5650
C-390	3000 ± 3	12	30	8	3700	7000	6800
БК-215	3400 ± 4	14	34	—	3500	6900	6750
КБ-60	4000 ± 4	16	40	6	3700	7600	7350
T-178	3500 ± 4	14	35	—	3100	6650	6400
КТС-5-10	4500 ± 5	19	45	—	5200	9250	8550
МСК-5/20	4000 ± 4	16	40	4,7	4100	8000	7700
МБТК-80	5000 ± 5	21	50	6	4400	8700	8550
C-419	3795 ± 4	16	38	10	2700	7350	6900

КБ-100	4500 ± 5	19	45	7	4200	8350	8100
Т-226	4500 ± 5	19	45	7	4600	8750	8500
МСК-8/20 (МСК-7,5/20)	5000 ± 5	21	50	4,7	4800	9300	9050
МСК 3-5/20	4000 ± 4	16	40	25	4000	8000	7600
С-464	4000 ± 4	16	40	7	4200	8200	7950
М-3-5-5	4000 ± 4	16	40	—	3700	7600	7350
БК-5-248	5000 ± 5	21	50	—	3700	8550	8100
М-3-5-10	6000 ± 6	25	60	—	4300	9550	9100
КБ-160-2	6000 ± 6	25	60	7	4500	9750	9250
СБК-1 (БКСМ-3, Т-128)	3795 ± 4	16	38	25	3100	7150	6750
СБК-1М ЦЭКБ НИИОМТП	3795 ± 4	16	38	25	4700	8400	8200
БКСМ-5-5А	4500 ± 5	19	45	12	3800	8050	7700
КТС-3-5	4000 ± 4	16	40	—	4700	8500	8300
Т-228	6000 ± 6	25	60	25	4400	9750	9250
БКСМ-7-5	4500 ± 5	19	45	12	4400	8650	8400

пересечения горизонтальной линии, проходящей через $H=2$ м, с наклонной прямой, соответствующей крутизне откоса 1 : 1, а вторую ножку ставим на точку пересече-

Т а б л и ц а IV-5

База и колея гусеничных монтажных кранов

Марка крана	База, м	Колея, м
МКГ-6,3	3,23	3,
МКГ-10А	3,64	3,2
МКГ-16	3,68	3,2
МКГ-16М	3,745	3,2
МКГ-25	3,75	3,21
МКГ-25БР	4,6	4,3
РДК-25	3,75	3,22
Э-652А	3,42	2,82
Э-10011А	3,86	3
Э-1258	3,3	3,2

Т а б л и ц а IV-6

База и колея колесных монтажных кранов

Марка крана	База, м	Колея, м		Расстояние между аутригерами, м
		передних колес	задних колес	
Краны пневмоколесные				
МКП-10	3,8	2,52	2,41	—
МКП-16	4,1	2,45	3,2	3,6
КС-4362 (К-166)	4,1	2,4	3,15	3,6
КС-436 (К-161)	4,1	2,4	3,15	3,6
МКП-25	5	2,45	2,45	4,4
КС-5361 (К-255)	4,95	3,15	3,15	4,5
Краны автомобильные				
МКА-6,3	3,8	1,7	1,79	—
КС-2561Д (К-61)	3,8	1,79	1,79	3,6
К-64	3,85	1,95	1,9	3,45
К-67	3,85	1,95	1,9	3,45
МКА-10М	3,85	1,95	1,95	4,4
К-162	5,75	1,95	1,92	—
МКА	5,75	1,95	1,92	4,4

ния горизонтали $H=2$ м с вертикальной линией, соответствующей ширине колеи крана $B=4,5$ м.

Полученный раствор циркуля переносим на нижнюю шкалу номограммы, по которой определяем расстояние от оси вращения крана до основания откоса котлована, равное в рассматриваемом примере 4,7 м. Для определения полной величины вылета крюка крана к полученному значению $l=4,7$ м следует прибавить расстояние от откоса котлована до оси наиболее удаленного элемента.

Технические характеристики кранов с указанием размеров ширины их колеи и базы приведены в табл. IV-4—IV-6.

§ 3. УСТРОЙСТВО ОТДЕЛЬНЫХ СБОРНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

1. Разбивка мест установки блоков сборных фундаментов

До монтажа сборных фундаментов выполняют разбивку мест их установки, которая начинается с натягивания проволок между обносками по продольным и поперечным осям колонн. Точку пересечения осей переносят отвесом на дно котлована, после чего кольями

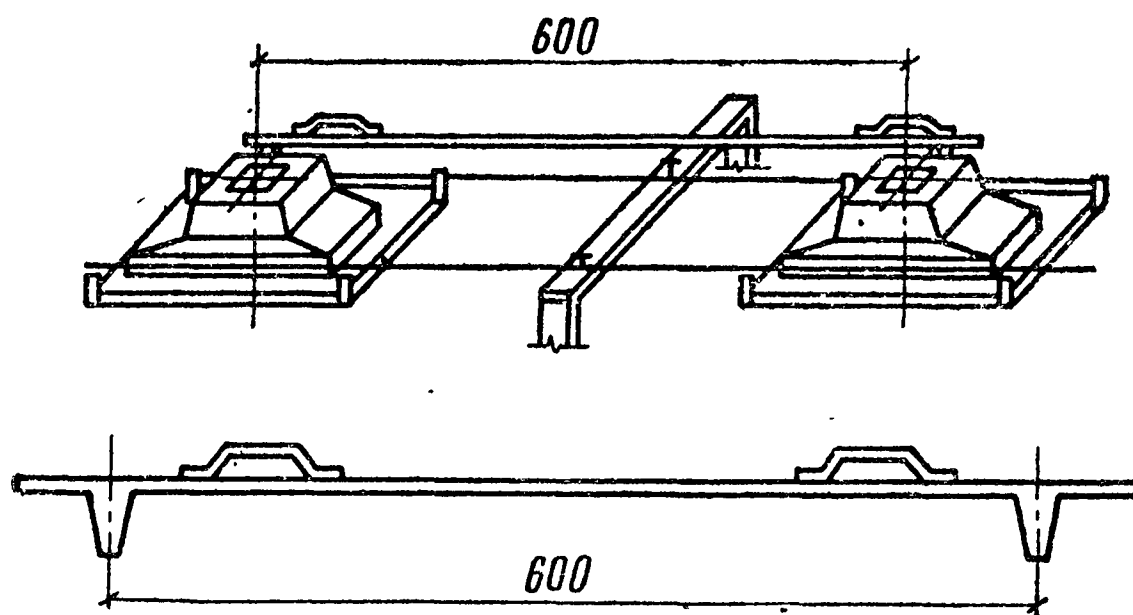


Рис. IV-11. Шаблон для проверки расстояния между фундаментами

размечают положение трех углов фундаментного блока. Отметка основания под фундамент проверяется нивелиром, горизонтальность основания — рейкой и уровнем, укладываемыми на основание в различных направлениях.

Правильность установки блока проверяется теодолитом по осевым рискам или отвесам, подвешенным к проволочным осям. Расстояния между фундаментами проверяют шаблоном (рис. IV-11). Отметку дна стакана сборного фундамента проверяют по нивелиру, на стенки стакана наносят проектную отметку и толщину слоя бетонной смеси, подливаемой в стакан.

2. Монтаж отдельных сборных фундаментов

Комплексный процесс монтажа отдельных сборных фундаментов состоит из следующих операций:

устройства основания;

подачи сборных элементов и установки их в проектное положение;

заделки стыков и швов.

При необходимости перечисленные операции дополняются сварочными работами (сварка закладных деталей для восприятия многоблочным фундаментом горизонтальных и изгибающих усилий).

Монтаж сборных элементов отдельных фундаментов осуществляется чаще всего по первой технологической схеме, когда монтажный кран располагается на дне котлована. Такая схема дает возможность максимально приблизить кран к монтируемому объекту. При этом могут использоваться наиболее легкие мобильные монтажные средства (автокраны, пневмоколесные и гусеничные монтажные краны, краны-экскаваторы и т. п.). Требуемые параметры монтажных средств — грузоподъемность и вылет крюка — определяются в каждом конкретном случае максимальным весом элемента, конфигурацией фундамента и конструкцией монтажного крана. Для монтажа отдельных фундаментов гражданских зданий средней этажности обычно применяются пятитонные автомобильные краны.

Рекомендации по выбору гусеничных кранов для монтажа отдельных сборных фундаментов промышленных зданий по первой технологической схеме приведены в табл. IV-7.

При монтаже кранами, движущимися по дну котлована, необходимо тщательно следить за сохранностью основания. Не допускается движение кранов по зачищенной поверхности основания. Нельзя монтировать фундаменты кранами, движущимися по дну котлована,

**Краны, рекомендуемые для монтажа
отдельных сборных фундаментов
промышленных зданий со дна котлована**

Конструкция фундамента	Общий вес фундамента, Н	Объем работ на объекте, т	Тип крана по ГОСТ 9692—67
Одноблочные	До 50 000	До 1300	КГ-10
		Более 1300	КГ-16
	50 000—90 000	—	КГ-16
	90 000—140 000	—	КГ-25
	140 000—190 000	До 1900 Более 1900	КП-40 КГ-40
Двухблочные	80 000—120 000	—	КГ-10
	120 000—145 000	—	КГ-16
	145 000—260 000	—	КГ-25
Трехблочные	90 000—200 000	—	КГ-16
	200 000—260 000	—	КГ-25
Четырехблочные	140 000—210 000	—	КГ-16
	210 000—310 000	—	КГ-25

Пр и м е ч а н и е. Необходимый вылет крюка крана КГ-10 — 6 м, остальных кранов — 6,5 м.

при наличии в основании пылеватых мелких песков, пылеватых илистых супесей, пылеватых суглинков, насыщенных водой, ленточных глин и погребенного торфа. При повреждении основания движущимися по дну котлована механизмами разрушенный грунт должен быть удален и заменен песком, а при сухих грунтах — уплотнен ручными трамбовками или укаткой.

В случае когда размещение монтажных кранов на дне котлована нецелесообразно (переувлажненные грязные котлованы, отсутствие проездов из-за частого расположения фундаментов и большой величины откосов и т. п.), работы выполняются по второй или третьей технологической схеме с бровки котлована. Выбор схемы определяется местными условиями.

В случае когда между окончанием монтажа подземной и началом монтажа надземной части здания может возникнуть значительный разрыв во времени (например, из-за неготовности коммуникаций, недостатков в снабжении сборным железобетоном и т. п.), работу органи-

зуют по второй схеме. Чаще всего в этих случаях применяют краны-экскаваторы грузоподъемностью 15—20 т, которые обеспечивают монтаж 5-тонных элементов на вылете крюка 10—15 м. Если же монтаж сборных элементов подземной и надземной части здания может быть организован без значительного перерыва во времени, то целесообразно использовать третью технологическую схему и выполнять монтаж подземной части тем же башенным краном (или кранами), которым будет собираться надземная часть здания. При этом имеется в виду, что вылет крюка башенного крана окажется достаточным с учетом дополнительного удаления оси подкрановых путей на величину заложения откоса котлована.

Расположение кранов на бровке котлована затрудняется в тех случаях, когда нагрузка от крана может угрожать устойчивости откоса котлована. В этих случаях при работе по второй или третьей схеме должны быть предусмотрены дополнительные мероприятия, обеспечивающие безопасность производства работ. Применение башенных кранов (третья схема) рекомендуется лишь тогда, когда они могут быть использованы после окончания монтажа фундаментов на возведении надземной части здания без перекладывания рельсовых путей.

До установки фундаментов следует обеспечить отвод воды из траншей и котлованов и осуществлять его в течение всего периода монтажа фундаментов до окончания гидроизоляционных работ.

При монтаже сборных фундаментов в зимнее время необходимо защищать основания фундаментов от промерзания способами, указанными в проекте производства работ. Установка фундаментных блоков или плит на подготовленное основание должна производиться сразу в проектное положение. Если блок (плита) установлен неверно, следует поднять его краном, исправить основание и вновь поставить блок на место.

Перед установкой стаканной части отдельных фундаментов должна быть проверена глубина стаканов. Допускается отклонение глубины стакана до +50 мм. Стаканы с минусовыми отклонениями по глубине к установке непригодны.

Случайные переборы грунта, допущенные при рытье котлована под фундаменты, должны быть заполнены сухим песком, гравием или щебнем слоями толщиной не более 10 см с тщательной трамбовкой.

Разжиженный грунт и вода в основании фундаментов, образовавшиеся в результате действия атмосферных осадков и грунтовых вод, должны быть удалены со дна котлована или траншеи, а грунт уплотнен втрамбовыванием в него щебня, гравия или крупного песка слоями толщиной не более 10 см. После зачистки дна основание проверяют нивелиром. При разработке ступенчатых кот-

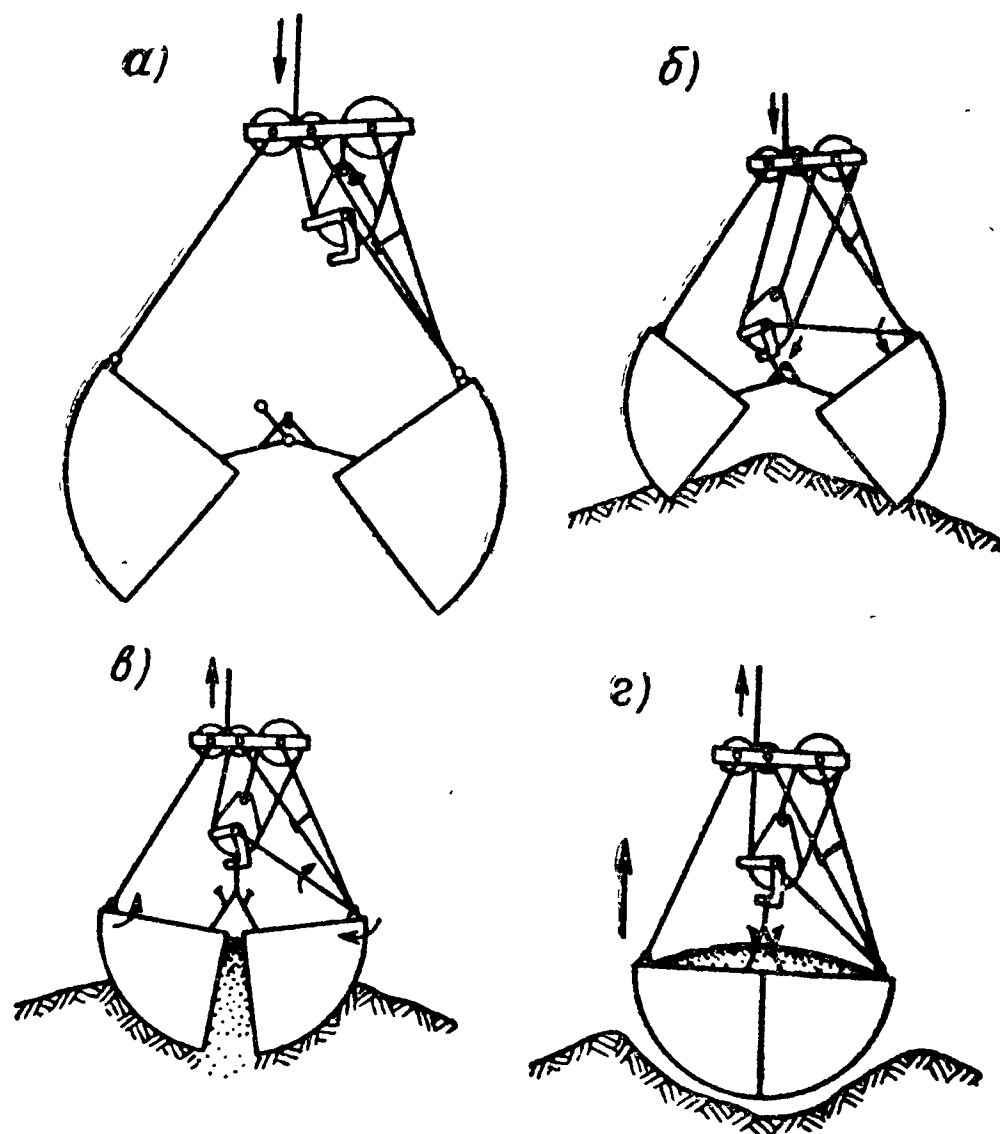


Рис. IV-12. Одно-
канатный грейфер

а — опускание на
грунт; б — сцепка
крюка с траверсой;
в — захват грунта;
г — подъем

лованов отношение высоты уступа к его длине должно быть при плотных грунтах не более 1:1, а высота уступа — не более 1 м; при неплотных грунтах это отношение не должно превышать 1:2, а высота уступа не должна быть более 60 см.

Производство работ по монтажу сборных фундаментов начинается с подачи материала для устройства основания. Чаще всего сооружается песчаное основание (толщиной 10—15 см). Для подачи песка целесообразно использовать одноканатный грейфер (рис. IV-12).

Для строповки сборных элементов применяются грузозахватные приспособления, подробное описание которых и нормализованные чертежи приведены в [55]. Раствор для заделки стыков и швов доставляется централизованно или готовится на месте работ из су-

хой смеси и подается к месту укладки в стандартных бадьях.

Зависимость затрат машинного времени на устройство отдельных сборных фундаментов по действующим ЕНиР [17] (рис. IV-13) выражается формулой $\tau = 0,22 + 10^{-5} P$ маш.-ч,

где τ — расход времени на монтаж одного сборного элемента, маш.-ч;

P — вес монтируемого элемента, Н;

0,22 и 10^{-5} — безразмерные коэффициенты.

Эта формула применима в случае монтажа фундаментов гусеничными, башенными и козловыми кранами.

При использовании автокранов и кранов на пневмоколесном ходу затраты машинного времени увеличиваются на 10%.

При устройстве многоблочных фундаментов затраты машинного времени составляют в среднем 0,26—0,4 маш.-ч на один сборный элемент.

В расчете на 1000 м² одноэтажных промышленных зданий затраты труда на устройство отдельных сборных фундаментов составляют в среднем 110 чел.-ч, из них 77 чел.-ч (70%) составляют затраты ручного труда, в

основном рабочих стропальщиков и монтажников, которыми выполняются следующие операции:

строповка сборных элементов фундаментов;

контрольная установка элемента на основание;

подравнивание основания;

окончательная установка сборного элемента с выверкой его положения по осям;

расстроповка.

Затраты труда на основные операции могут быть определены по формулам:

на строповку $t = 2,231 + 6 \cdot 10^{-6} P + 3 \cdot 10^{-7} P^2$;

на установку и выверку $t = 38,082 + 7 \cdot 10^{-4} P - 1,46 \cdot 10^{-5} P^2$;

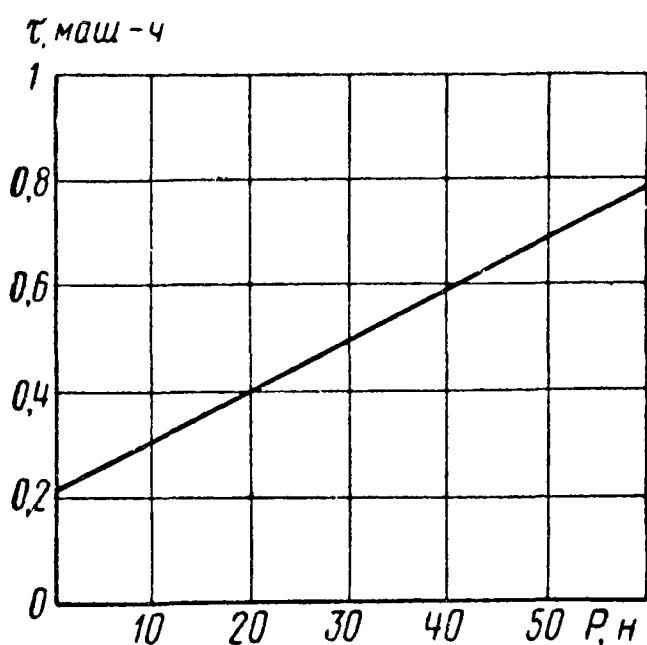


Рис. IV-13. Зависимость расхода кранового времени от крупности элементов фундаментных блоков

на расстроповку $t = 1,88 + 18P$ при $P \leq 100\,000$ Н и $t = 4$ при $P > 100\,000$ Н, где P — вес элемента, Н;
 t — затраты труда, чел.-мин.

Возведенные фундаменты должны быть проверены и сданы по акту до начала работ по монтажу остальных частей здания.

Проверка положения фундаментов в плане заключается в нанесении на фундаменты проектных продольных

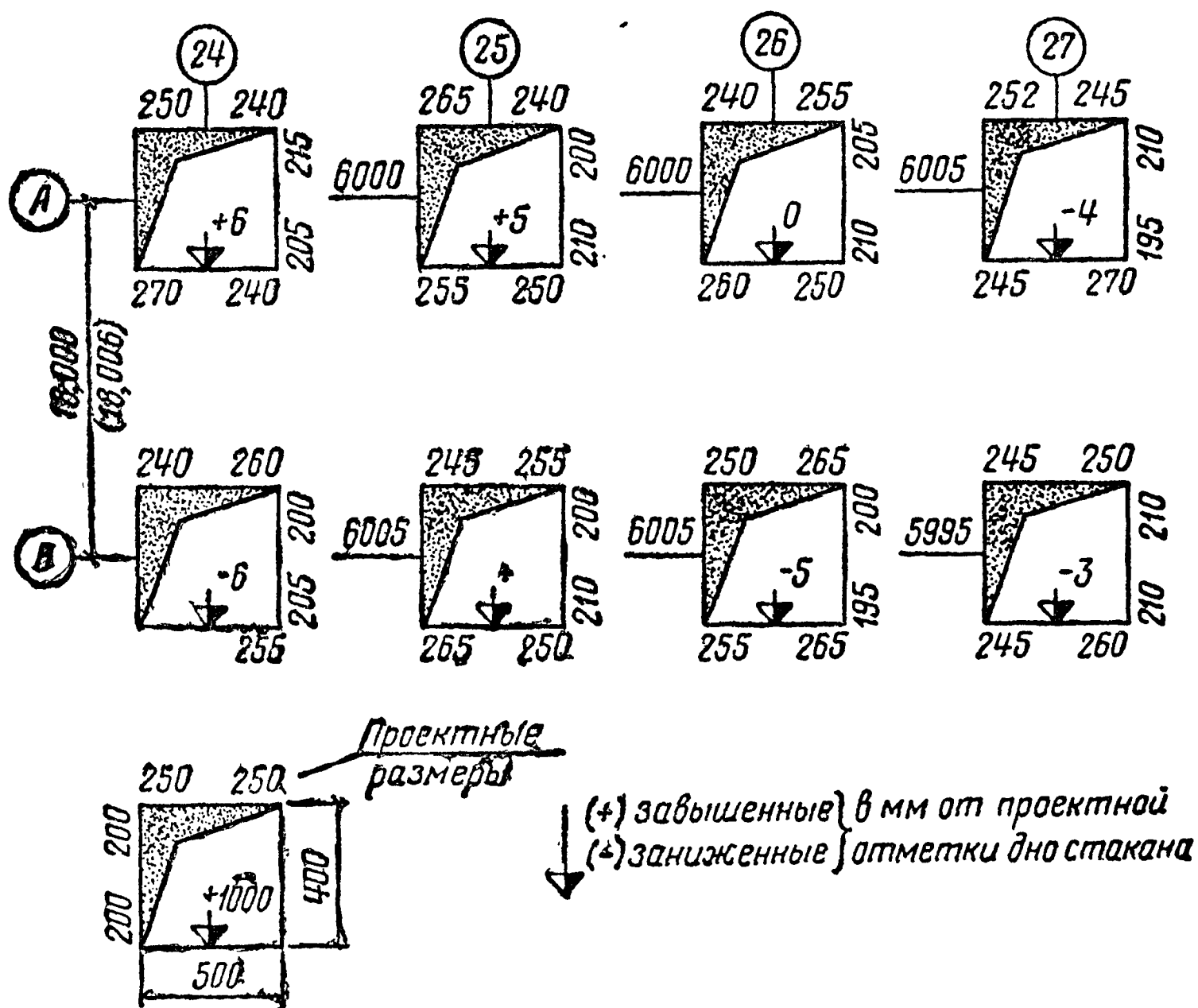


Рис. IV-14. Исполнительная схема монтажа сборных фундаментов

и поперечных осей колонн и величин шага колонн и пролета. Проверка выполняется с помощью теодолита участками длиной не более 300 м с одной стоянки инструмента. После выверки осей сборных фундаментов измеряются расстояния между ними и определяется величина смещения осей и расстояния от осей до стенок стаканов фундаментов или до закладных частей. Результаты конт-

рольных измерений наносятся на исполнительную схему (рис. IV-14).

Отклонение отметки дна стакана от проектной не должно превышать ± 5 мм. Смещение оси фундамента не должно быть более ± 10 мм.

§ 4. УСТРОЙСТВО ОТДЕЛЬНЫХ МОНОЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

1. Общие положения

Разбивка отдельных монолитных фундаментов (рис. IV-15) осуществляется с помощью отвесов, опускаемых в точки пересечения проволок, натянутых по осям колонн над котлованом. На щитах опалубки, соб-

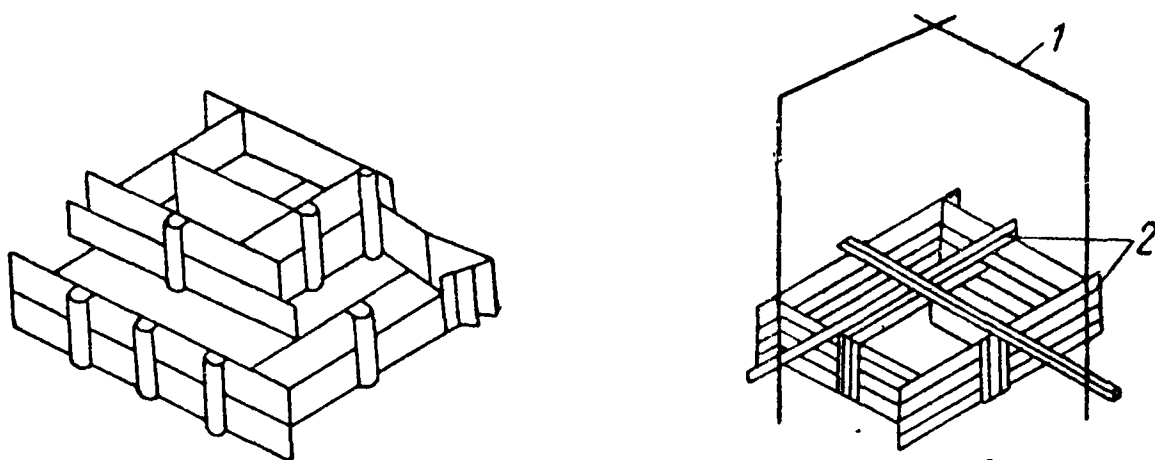


Рис. IV-15. Схема установки опалубки отдельного монолитного фундамента

1 — проволока; 2 — рейки

ранных в блок (короб), намечают середину короба и по верх него прибивают накрест выстроганные рейки. Грани реек должны располагаться по осям короба. Размещенный таким образом короб двигают до тех пор, пока обе прибитые к нему рейки не коснутся шнура отвесов. В этом положении короб закрепляют, после чего с него удаляют рейки. Положение вышележащих коробов ступенчатых фундаментов, а также опалубки фундаментного стакана определяется таким же способом. Опалубка небольших фундаментов под оборудование устанавливается аналогично.

Фундаменты под сборные колонны бетонируют обычно не до проектной отметки, а несколько ниже, с таким расчетом, чтобы в последующем можно было произвести

подливку и затирку бетона под проектную отметку, вынесенную нивелиром на опалубку. При заниженной поверхности фундамента в необходимых случаях под башмак колонны подкладывают металлические подкладки соответствующей толщины.

Комплексный процесс сооружения отдельных монолитных фундаментов включает устройство опалубки, сборку и установку арматуры каркасов, подачу и уплотнение бетонной смеси и уход за ней.

В зависимости от местных условий и имеющегося оборудования возведение монолитных фундаментов может осуществляться по любой упомянутой выше технологической схеме. При этом грузоподъемность кранов на максимальном вылете крюка должна быть не менее 3 т. Необходимый вылет крюка крана определяется для каждого объекта отдельно, причем для первой технологической схемы эта величина будет минимальной (половина ширины фундамента плюс 2—3 м), а для третьей схемы вылет крюка крана должен перекрывать всю ширину здания с учетом заложения откоса котлована.

2. Опалубочные и арматурные работы

Весьма трудоемкими, маломеханизированными и дорогостоящими являются опалубочные и арматурные работы.

Фактические затраты труда на 1 м³ бетона отдельных фундаментов стаканного типа достигают 4,5 чел.-ч. Основными мероприятиями по повышению производительности труда на работах по устройству монолитных фундаментов являются:

широкое применение инвентарной опалубки, т. е. используемой последовательно на ряде строек, а также многократная обрачиваемость применяемых на данном строительстве видов опалубки;

максимальное использование сварной арматуры в виде сеток и каркасов, пространственных блоков с приваренными к ним закладными деталями и прикрепленной к ним опалубкой (арматурно-опалубочные блоки) с минимальным применением штучной (прутковой) арматуры;

приготовление бетонной смеси на механизированных или автоматизированных бетонных заводах.

В настоящее время разработаны три варианта конструкции инвентарной, разборно-переставной щитовой опа-

лубли: металлической, деревянной и комбинированной [8]. Щиты комбинированной опалубки состоят из металлического каркаса, сваренного из уголков, и съемной палубы из строганных досок. Щиты соединяются друг с другом быстросъемными соединениями. Разработаны семь типоразмеров основных щитов от 1200×600 до 1800×300 мм и четыре размера уголковых вставок. За укрупненный

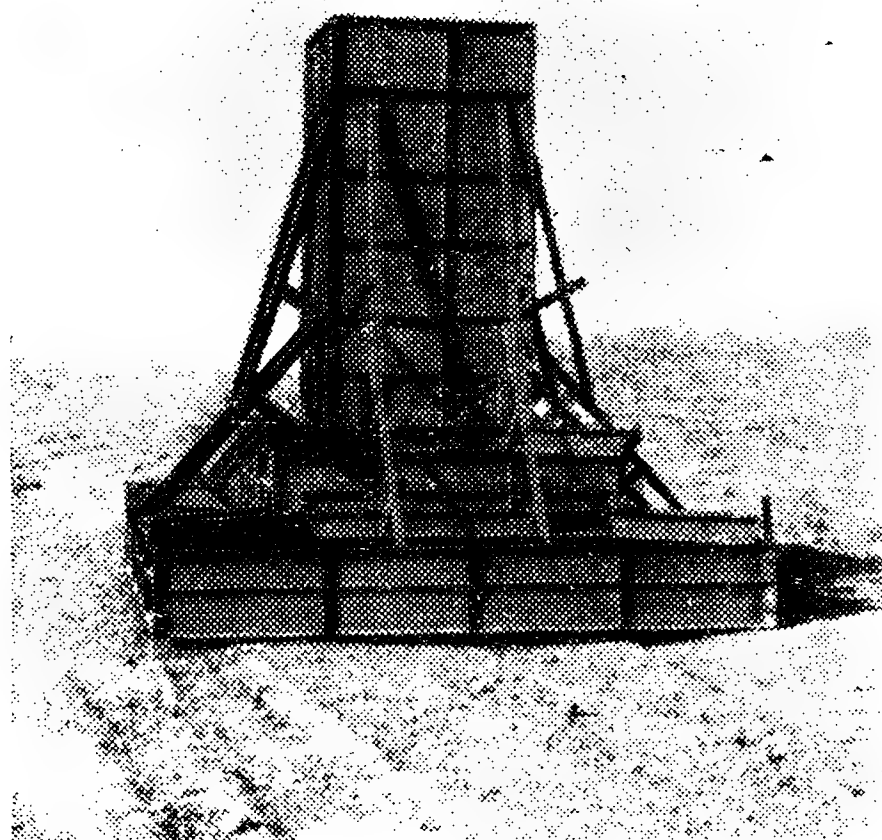


Рис. IV-16. Опалубка монолитного фундамента, собранная из инвентарных щитов

модуль щитов и других элементов принят размер 600 мм. Максимальный вес щита не превышает 600 Н, что позволяет двум рабочим устанавливать их вручную. Конструкция опалубки предусматривает установку щитов, собранных в крупные панели или блоки механизированным способом (рис. IV-16).

Внедрение инвентарной опалубки позволяет сократить затраты труда на опалубочных работах в 2 раза и обеспечить существенную экономию лесоматериалов.

В зависимости от конструкции фундаментов опалубка может осуществляться: отдельными щитами, укрупненными блоками, панелями и армоопалубочными блоками. Из отдельных щитов опалубка выполняется, когда размеры фундамента в плане более 4×4 м. В этом случае щиты комплектно подвозят к каждому фундаменту и устанавливают без предварительной сборки в блоки. При меньших размерах фундаментов щиты опалубки собираются в укрупненные блоки и подаются к месту установки

краном. Арматурные каркасы при централизованном их изготовлении устанавливаются в опалубочные блоки, образуя единый арматурно-опалубочный блок. Сборка таких блоков может осуществляться двумя способами. Если арматурные каркасы могут воспринимать временные на-

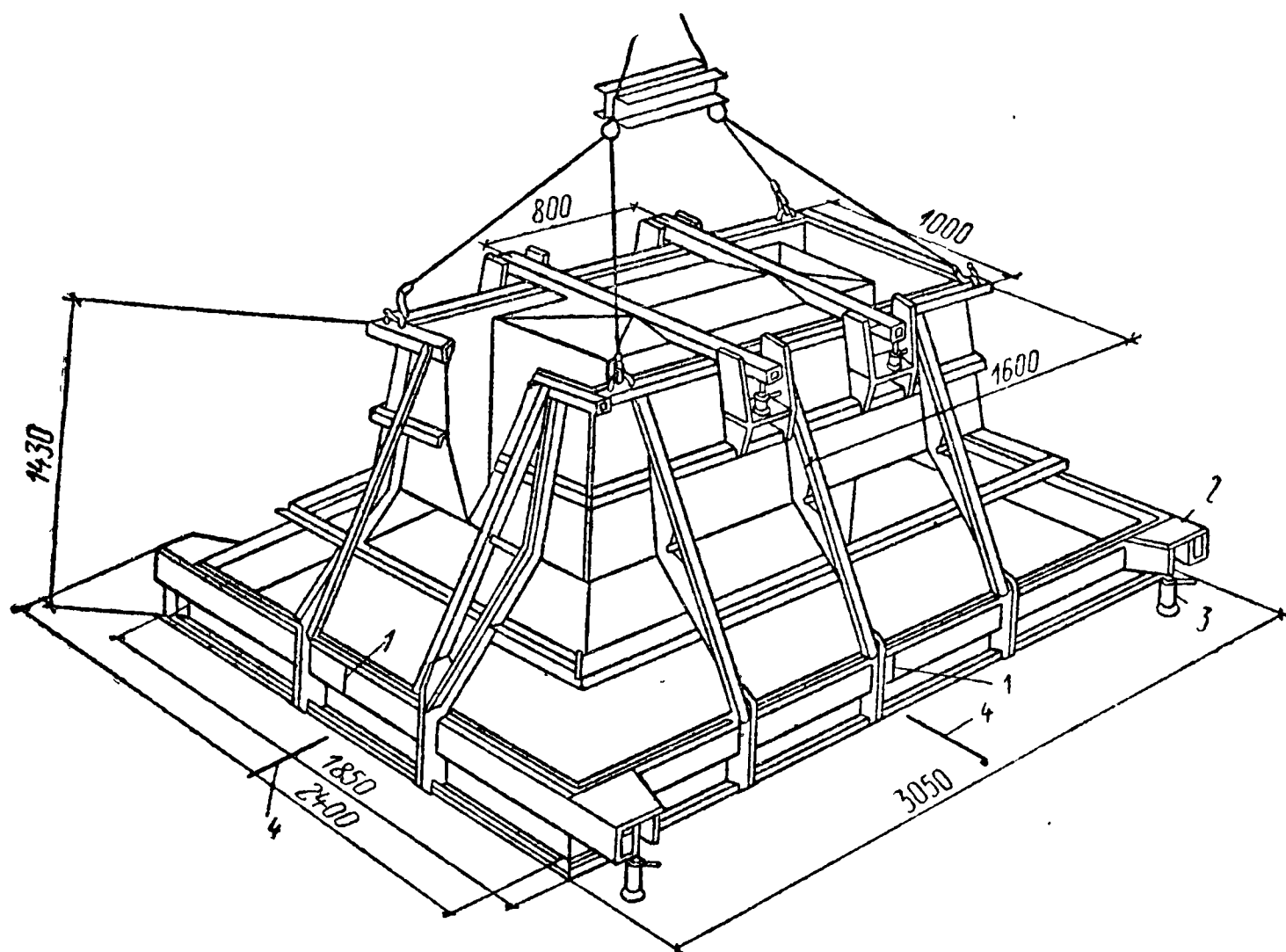


Рис. IV-17. Сварная блок-форма

1 — риски на опалубке; 2 — упор; 3 — домкрат; 4 — риски на бетонной подготовке

грузки от опалубки, то опалубка навешивается на такой каркас с помощью стяжек и болтов. Если арматурные каркасы не могут нести временной нагрузки, то опалубка собирается в жесткий геометрически неизменяемый блок, в котором закрепляются в проектном положении элементы арматуры. Установка арматурно-опалубочных блоков выполняется кранами грузоподъемностью 2—3 т, так как вес таких блоков не превышает 10 000—15 000 Н.

Для бетонирования большого количества одноступенчатых фундаментов изготавливаются инвентарные металлические сварные блок-формы (рис. IV-17). Они устанавливаются краном, а отрываются от бетона домкратами.

Поверхности стальных опалубочных щитов и других инвентарных стальных элементов опалубки и лесов, не

соприкасающиеся с бетоном, должны быть окрашены для защиты от коррозии, а поверхности, соприкасающиеся с бетоном, покрыты смазкой, предотвращающей сцепление опалубки с бетоном. Рекомендуются смазки на основе эмулсола ЭКС и водомасляная эмульсионная смазка ВМП. Ниже приводится состав эмульсионной смазки обратного типа ОЭ-2:

Эмульсол марки ЭКС с кислотным числом 8—10	20% по объему
Насыщенный раствор извести при $t^{\circ}=60^{\circ}\text{C}$	80% » »

Для уменьшения вязкости дисперсионной среды смазки ОЭ-2 может быть рекомендован следующий состав с добавкой солярового масла:

Эмульсол марки ЭКС с кислотным числом 8—10	20% по объему
Насыщенный раствор извести при $t^{\circ}=60^{\circ}\text{C}$	70% » »
Соляровое масло*	10% » »

Состав эмульсионной смазки прямого типа:

Эмульсол марки ЭКС с кислотным числом 8—10	10% по объему
Сода кальцинированная (ГОСТ 5100—64)**	0,5 % » »
Вода мягкая (конденсат) с жесткостью 2—3 мг·экв/л	90% » »

Состав водомасляной эмульсионной смазки ВМП:

Веретенное масло	19,4% по объему
Окисленный петролатум	0,6% » »
Вода	80% » »

Отклонения размеров заготовленных элементов стальной и смешанной разборно-переставной опалубки не должны превосходить значений, приведенных в табл. IV-8.

* Соляровое масло необходимо вводить в готовую эмульсию.
** Во избежание коррозии металла в составе смазки должно быть не более 0,5% соды.

**Допускаемые отклонения для
заготовленных элементов стальной
и смешанной разборно-переставной опалубки**

Отклонение	Величина отклонения, мм
Отклонения по длине и ширине щитов и каркасов для них:	
на 1 м	± 2
на всю длину, не более	± 5
Отклонение кромок щитов от прямой линии:	
в плоскости щита	0,5
из плоскости щита	0,1
Отклонения в расположении отверстий для соединительных элементов	0,5

Устойчивость и неизменяемость опалубки должны обеспечиваться установкой на надежное основание стоек и других элементов, поддерживающих опалубку, а также раскреплением стоек горизонтальными и диагональными расшивками. Место установки опалубки должно быть очищено от мусора, а в зимнее время — от снега и льда. Под стойки должны быть уложены лаги из досок толщиной не менее 50 мм или из лежней.

Установку крупнопанельных щитов опалубки, а также арматурно-опалубочных блоков необходимо производить с соблюдением следующих условий:

стропы для монтажа должны прикрепляться в местах, предусмотренных проектом;

правильность устройства опалубки необходимо проверить до монтажа;

расстроповка монтируемых конструкций допускается только после их постоянного или временного закрепления на месте установки.

При приемке установленной опалубки и креплений следует проверить:

соответствие положения всех элементов проекту;

правильность установки пробок и всех закладных частей;

плотность щитов опалубки, а также плотность стыков сопряжений элементов опалубки между собой и с ранее уложенным бетоном.

Уменьшение размеров поперечных сечений элементов опалубки и креплений по сравнению с проектными размерами не должно превышать: для сжатых и растянутых элементов —5% площади поперечного сечения, для изгибаемых элементов —5% ширины сечения.

Уменьшение высоты поперечных сечений изгибаемых элементов не допускается.

Отклонения в положении и размерах установленной опалубки не должны превышать величин, указанных в табл. IV-9.

Т а б л и ц а IV-9

Допускаемые отклонения при установке опалубки

Отклонение	Величина отклонения, мм
Отклонения в расстояниях между опорами изгибаемых элементов опалубки (стойками, тяжами и пр.): на 1 м длины на весь пролет, не более Отклонение от вертикали или от проектного наклона плоскостей опалубки и линий их пересечения: на 1 м высоты на всю высоту конструкции фундаментов Смещение осей опалубки фундаментов от проектного положения, в том числе фундаментов под стальные конструкции Отклонение внутренних размеров поперечных сечений коробов опалубки	± 25 ± 75 5 20 $1,1 \sqrt{z}$ +5
П р и м е ч а н и е. Буквой <i>z</i> обозначена длина пролета или шага конструкции, м.	

Монтаж арматуры должен производиться, как правило, укрупненными элементами с соблюдением следующих требований:

установка арматурных элементов должна выполняться по схемам, предусматривающим такую последовательность работ, при которой ранее уложенные элементы не затрудняют установки последующих;

подвеска и крепление к арматуре опалубки, ходов сообщения, путей для транспортирования бетонной смеси, производственных или монтажных устройств должны

осуществляться в соответствии с проектом производства работ;

укладка арматуры в ранее установленную опалубку допускается только после проверки и приемки опалубки; при длительном перерыве между приемкой опалубки и установкой арматуры опалубку следует принять повторно и обнаруженные дефекты исправить;

установленная арматура должна быть предохранена от повреждений и смещений в процессе производства работ;

монтаж несущей арматуры должен выполняться согласно указаниям главы СНиП III-B.5-72 «Металлические конструкции. Правила изготовления, монтажа и приемки».

Стыкование отдельных стержней сеток и каркасов на месте их установки должно осуществляться в соответствии со следующими указаниями:

стержни диаметром более 20 мм должны стыковаться преимущественно электрошлаковой и многоэлектродной ванной сваркой, а при невозможности их применения — ванной одноэлектродной сваркой;

соединение сеток стальной полосой должно выполняться приваркой к ней каждого стержня фланговыми швами длиной по 5 диаметров стержня.

Скрепление стержней штучной арматуры в местах пересечений должно производиться с соблюдением следующих требований:

стержни диаметром до 16 мм должны скрепляться вязальной проволокой, а диаметром от 16 мм и выше — прихваткой дуговой сваркой, если проектом не предусмотрены иные способы скрепления;

перевязкой и прихваткой должно быть соединено не менее 50% пересечений, при этом обязательно должны соединяться все пересечения стержней с углами хомутов.

Контроль правильности установки арматуры заключается:

в проверке соответствия ее размеров и мест скрепления пересечений стержней проекту;

в наружном осмотре всех сварных соединений, выполненных при установке арматуры, вырезке сварных образцов и механическом испытании (в количестве 1%) или же проверке их физическими методами (ультразвуком, просвечиванием гамма-лучами).

Отклонения при установке арматуры не должны превышать величин, приведенных в табл. IV-10.

Допускаемые отклонения при установке арматуры

Отклонение	Величина отклонений, мм
Отклонения в расстояниях между отдельно установленными рабочими стержнями:	
для плит и фундаментов под каркасные конструкции	±20
для массивных фундаментов	±30
Отклонения в расстояниях между рядами арматуры при армировании в несколько рядов по высоте	±20
Отклонения в расстояниях между связями арматурных каркасов	±10
Отклонения в отдельных листах в толщине защитного слоя:	
в массивных фундаментах (толщиной более 1 м)	±20
в фундаментах под конструкции и технологическое оборудование	±10
Отклонения в расстояниях между распределительными стержнями в одном ряду:	
для плит и фундаментов под каркасные конструкции	±25
для массивных фундаментов	±40
Отклонения от вертикали или горизонтали в положении хомутов	10
Отклонения в положении осей стержней в торцах сварных каркасов, стыкуемых на месте с другими каркасами, при диаметре стержней:	
до 40 мм	±5
40 мм и более	±10

3. Бетонные работы

Подается бетонная смесь в опалубку фундаментов кранами, которые применяются при выполнении опалубочных и арматурных работ (рис. IV-18). Укладка смеси ведется с послойным уплотнением глубинными вибраторами. Бетонная смесь доставляется краном в бадьях. Наиболее эффективны поворотные бадьи («туфельки») (рис. IV-19), исключаяющие необходимость перегрузки бетонной смеси из автосамосвалов в промежуточные емкости — вибропитатели.

С заводов смесь доставляется автомобилями-самосвалами, объем кузовов которых кратен вместимости нескольких поворотных бадей (например, объем кузова ЗИЛ-585 соответствует объему трех бадей, кузова МАЗ-205 — четырех бадей). Такое соотношение емкостей, а также конструкции поворотных бадей позволяют организовать удобный прием бетонной смеси на объектах.

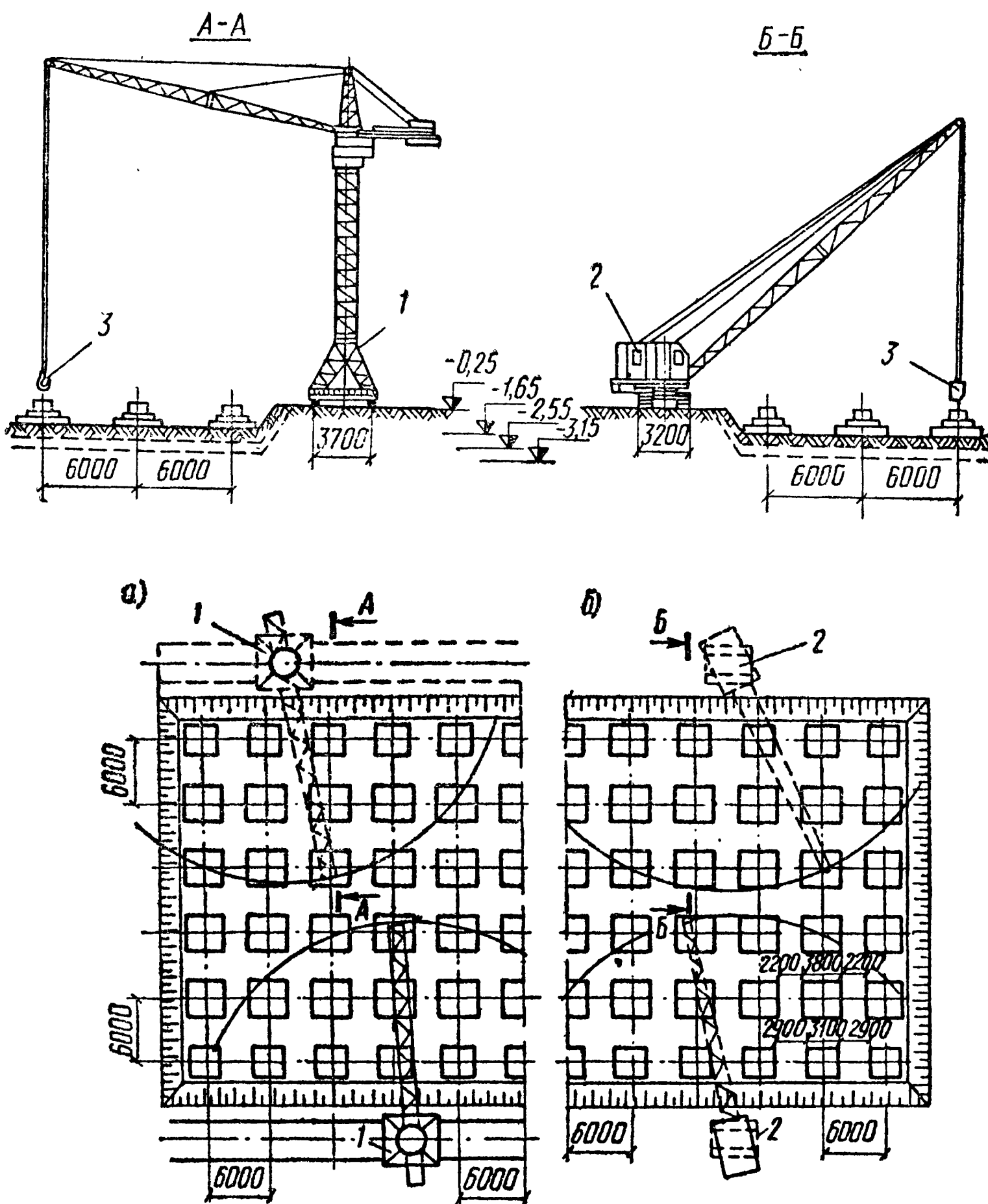


Рис. IV-18. Схемы бетонирования фундаментов кранами

а — башенными; б — самоходными стреловыми; 1 — башенный кран БКСМ-55; 2 — стреловый кран Э-1254; 3 — бадей

В зоне действия крана укладывают два дощатых настила, каждый размером $2,4 \times 3,3$ м. На щитах настила вплотную одну к другой размещают поворотные бадьи. Применение поворотных бадей исключает необходимость сооружения и разборки эстакад на местах бетонирования

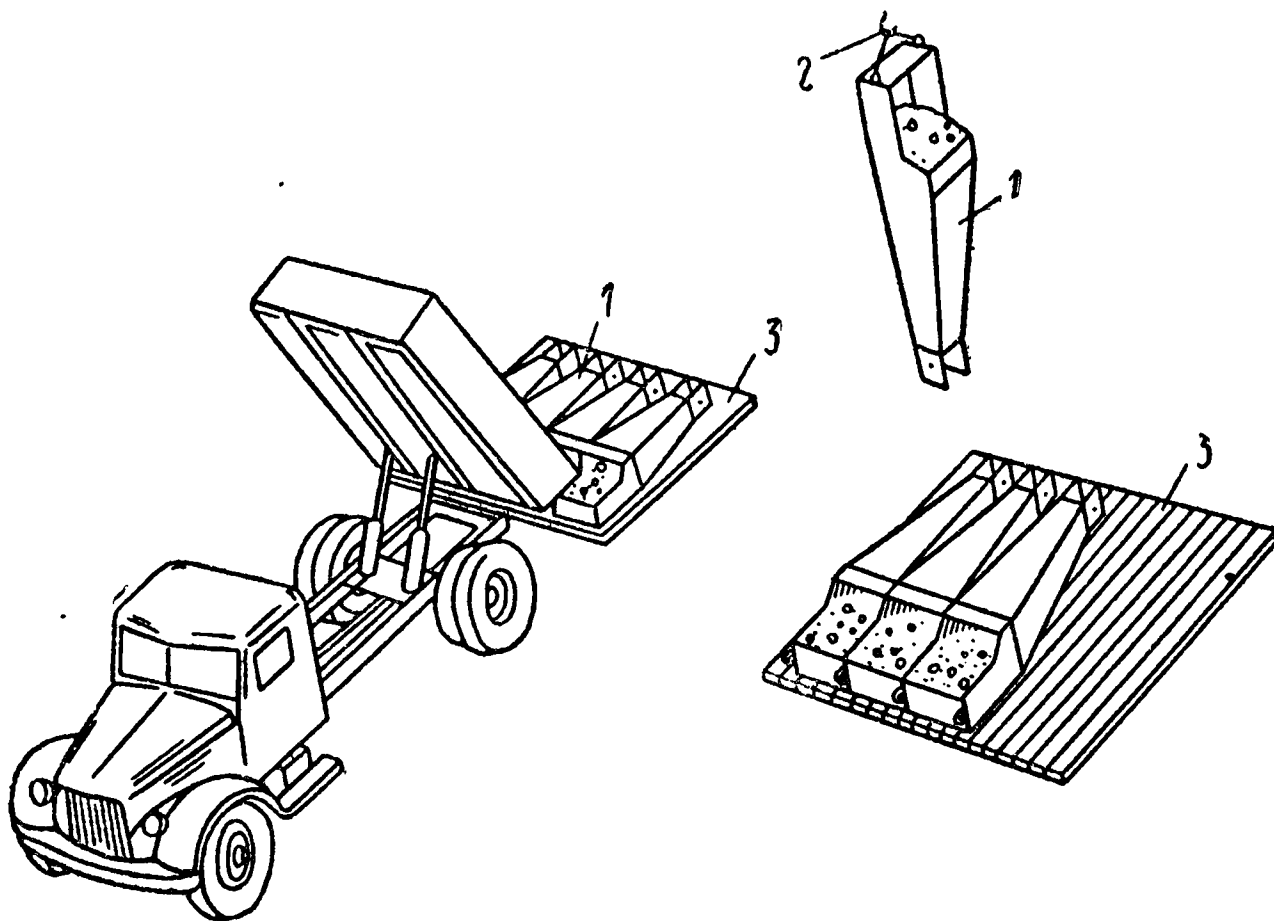


Рис. IV-19. Поворотные бадьи

1 — бадья; 2 — крюк крана; 3 — дощатый настил

и улучшает использование кранового оборудования. Затраты труда на транспортирование 1 м^3 бетонной смеси поворотными бадьями на $0,22—0,3$ чел.-ч меньше, чем бадьями-бункерами.

Для повышения производительности кранов, занятых на массовой укладке бетонной смеси, следует совмещать операции опускания и подъема бадей с горизонтальным перемещением их. Бадьи и другие виды тары после каждого опорожнения должны быть очищены на месте выгрузки от остатков смеси.

Периодически, не реже 2 раз в смену и при перерывах в работе более чем на 1 ч, тара для порционной подачи бетонной смеси должна быть очищена и промыта вне места укладки бетонной смеси.

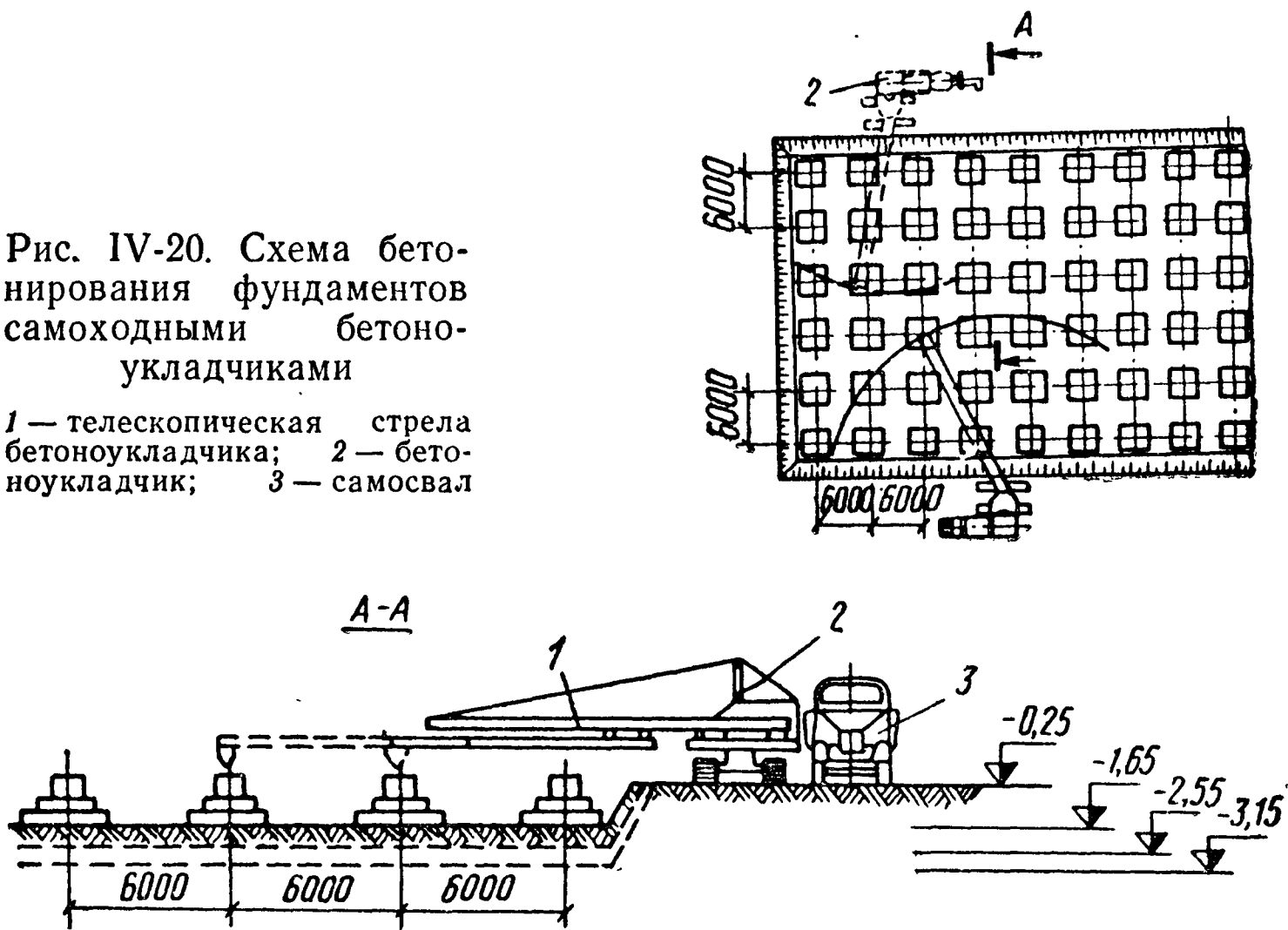
Производительность монтажного крана при подаче бетонной смеси в бадьях составляет $20—40 \text{ м}^3$ в смену.

В случае когда по условиям организации работ может быть обеспечено более интенсивное снабжение бетонной

смесью, целесообразно использовать для подачи ее к месту укладки специализированные средства механизации — бетоноукладчики и оборудование для вибротранспортирования бетона. Самоходные бетоноукладчики представляют собой ленточные транспортеры, смонти-

Рис. IV-20. Схема бетонирования фундаментов самоходными бетоноукладчиками

1 — телескопическая стрела бетоноукладчика; 2 — бетоноукладчик; 3 — самосвал



рованные на шасси базовой машины — трактора, экскаватора и т. п. (рис. IV-20). Технические характеристики самоходных бетоноукладчиков приведены в табл. IV-11. Бетонная смесь принимается в подъемный вибробункер, который выдает ее на ленту транспортера. Для регулировки подачи бетонной смеси вибробункер снабжен дозирующим затвором. При вылете транспортера до 10 м он обычно выполняется цельным, при большем вылете — телескопическим.

Подготовку основания перед укладкой бетонной смеси на грунт надлежит выполнять с соблюдением следующих условий:

при скальном основании необходимо удалить все продукты выветривания; трещины небольшого размера должны быть заделаны цементным раствором; трещины значительных размеров необходимо залить бетонной смесью; переборы в скальных основаниях следует заполнять бетонной смесью низких марок (25—50);

Техническая характеристика ленточных бетоноукладчиков

Показатель	Марка бетоноукладчика								
	БУ-1	БУ-2	ЭМ-4 СКБ	БУМ-1	БУМ-2	УБ-132	БУ-1	БУ	БУ-20
	Организация-разработчик								
	Кривобас- строймеха- низация, Кривой Рог	Госстрой УССР, Киев	Запорож- алюмин- строй, Запо- рожье	Трест № 86, Харьков	Башни- строй, Уфа	Куйбы- шевгид- рострой, Куйбы- шев	ЦНИИОМТП Госстроя СССР, Москва		
Показатель	База бетоноукладчика								
	кран БКСМ-14	экскава- тор Э-662	трактор С-100	погруз- чик Т-107	трактор С-100	трактор Т-25	трактор С-100	экскава- тор Э-302	специальный гусеничный ход
	Длина стрелы транспор-	17	18	16	10	11	12	10	20
	ра, м	14	15	16	10	8	11	10	3—20
Вылет крюка, м	180	180	180	20	120	100	140	180	360
Угол охвата в плане, град .	10	12	10	10	10	20	15	18	20
Угол подъема стрелы, град .	40	40	100	14	14	12	16	20	830
Площадь охвата, м²	4,5	5	5,5	2,8	4	5,5	3	4,5	8
Высота зоны охвата, м	160 000	270 000	230 000	160 000	160 000	130 000	170 000	130 000	127 000
Вес машины, Н	12	12	20	20	12	15	15	12	20
Техническая производитель- ность, м³/ч									

при грунтовом основании необходимо удалить все илистые, растительные, торфянистые и прочие грунты органического происхождения; сухой, несвязный грунт основания перед укладкой бетонной смеси следует слегка увлажнить поливкой; переборы грунта ниже проектируемой отметки должны быть заполнены песком и тщательно уплотнены.

Основания, подвергающиеся угрозе заполнения грунтовыми поверхностными водами, должны быть защищены водопонижающими или водоперехватывающими устройствами, выполняемыми по специальному проекту. Очистка вертикальных поверхностей от цементной пленки должна производиться в соответствии с требованиями проекта.

Перед укладкой бетонной смеси должны быть проверены и оформлены соответствующими актами:

все скрытые работы (подготовка оснований, гидроизоляция, армирование, установка закладных частей, контрольно-измерительной аппаратуры и т. п.);

правильность установки опалубки, облицовки, поддерживающих лесов, креплений и подмостей, рельс-форм для перемещения бетоноукладочных машин и т. п., а также надежность их закрепления от динамических воздействий при укладке бетонной смеси;

точность расположения и надежность закрепления закладных деталей для анкеровки арматуры и опалубки, диафрагмы и других фиксаторов положения арматуры.

Уплотнение бетонной смеси в неармированных и редко армированных массивах и фундаментах производится внутренними вибраторами С-825 и С-826; при уплотнении больших массивов внутренние вибраторы могут использоваться совместно в вибропакетах. При густом армировании фундаментов уплотнение бетонной смеси выполняется вибраторами С-727, С-800 или другими с гибким валом. Толщина каждого слоя укладываемой смеси не должна превышать 1,25 длины рабочей части применяемого вибратора.

Фундаменты, воспринимающие динамические нагрузки, бетонируются без перерыва (допустимый разрыв во времени между укладкой смежных слоев устанавливается лабораторией). Расположение и конструкция рабочих швов в таких фундаментах должны быть предусмотрены проектом сооружения.

В массивных фундаментах укладка бетонной смеси

производится отдельными блоками. Размеры и расположение блоков, а также конструкции швов оговариваются в проекте.

Бетонную смесь в углах опалубки уплотняют особенно тщательно с применением внутренних вибраторов.

Анкерные болты следует устанавливать непосредственно перед бетонированием, пользуясь для этого тщательно выверенными кондукторами, закрепленными на специально запроектированных металлических каркасах, остающихся в бетоне. Конструкция кондукторов должна исключать возможность отклонения болтов от проектного положения в плане и по высоте во время укладки бетонной смеси. Резьбу болтов, установленных в кондукторах, и гайки тщательно смазывают маслом и обертывают толем.

Верхнюю поверхность фундаментов выравнивают и уплотняют виброрейками или поверхностными вибраторами, а затем заглаживают правилом в уровень с верхними гранями направляющих или специальных маячных досок.

Наибольший размер зерен крупного заполнителя в бетонной смеси не должен превышать $\frac{1}{3}$ наименьшего размера конструкции, а в армированных конструкциях — $\frac{3}{4}$ наименьшего расстояния в свету между стержнями арматуры. Крупный заполнитель для бетонных смесей, перекачиваемых бетононасосами и пневмонагнетателями, должен удовлетворять следующим специальным требованиям:

наибольший размер зерен крупного заполнителя не должен превышать 70 мм при бетоноводах с внутренним диаметром 283 и 208 мм и 40 мм при бетоноводах с внутренним диаметром 180 и 150 мм;

количество зерен наибольших размеров не должно быть более 15% по массе;

куски пластинчатой (лещадной) или игловатой формы не должны превышать 5% по массе.

Подвижность бетонной смеси должна выбираться следующим образом:

а) осадка конуса или показатель жесткости бетонной смеси в момент укладки должен составлять:

для неармированных и малоармированных фундаментов — 10—30 мм;

для массивных армированных фундаментов и плит — 30—60 мм;

б) отклонения от заданной подвижности допускаются в пределах ± 10 мм;

в) подвижность бетонных смесей, перемещаемых ленточными транспортерами, должна характеризоваться осадкой конуса, не превышающей 60 мм;

г) подвижность бетонных смесей, транспортируемых бетононасосами, должна характеризоваться осадкой конуса в пределах 50—80 мм;

д) подвижность бетонных смесей, подаваемых виброхоботами, должна иметь усадки конуса не менее 30—40 мм.

Схемы подачи бетонной смеси на место укладки должны удовлетворять следующим требованиям:

подачу бетонной смеси во все части бетонируемого сооружения необходимо обеспечить до получения бетонируемого слоя нужной толщины без дополнительных ее перегрузок и с возможно малыми перекидками; это требование следует особенно строго соблюдать в зимнее время;

высота свободного падения бетонной смеси не должна превышать 3 м;

подача бетонной смеси с высоты более 3 м должна осуществляться по виброжелобам, виброхоботам или вертикальным хоботам.

По окончании бетонирования отдельных монолитных фундаментов на их грани с помощью теодолита наносят продольные и поперечные оси колонн. Если на фундамент предусматривается устанавливать колонны на болтах, то эти болты должны быть заложены в процессе бетонирования фундаментов. После нанесения осей на фундаменты производят исполнительную нивелировку фундаментов, устанавливая рейку по углам и в центре фундамента. По результатам съемки составляется исполнительная схема, на которой отмечают отклонения габаритов фундаментов от проектного положения осей и отметок.

§ 5. МОНТАЖ СБОРНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Разбивка сборных ленточных фундаментов начинается с того, что на обноске натягивают проволоку для определения осей здания. Затем укладывают угловые фундаментные блоки и на расстоянии 15 мм от них —

маячные блоки. Между угловыми и маячными блоками по линии фундамента на расстоянии 5 мм от его грани натягивают проволоку-причалку, по которой устанавливают промежуточные блоки. Схема разбивки под монтаж ленточных фундаментов приведена на рис. IV-21. Одно-

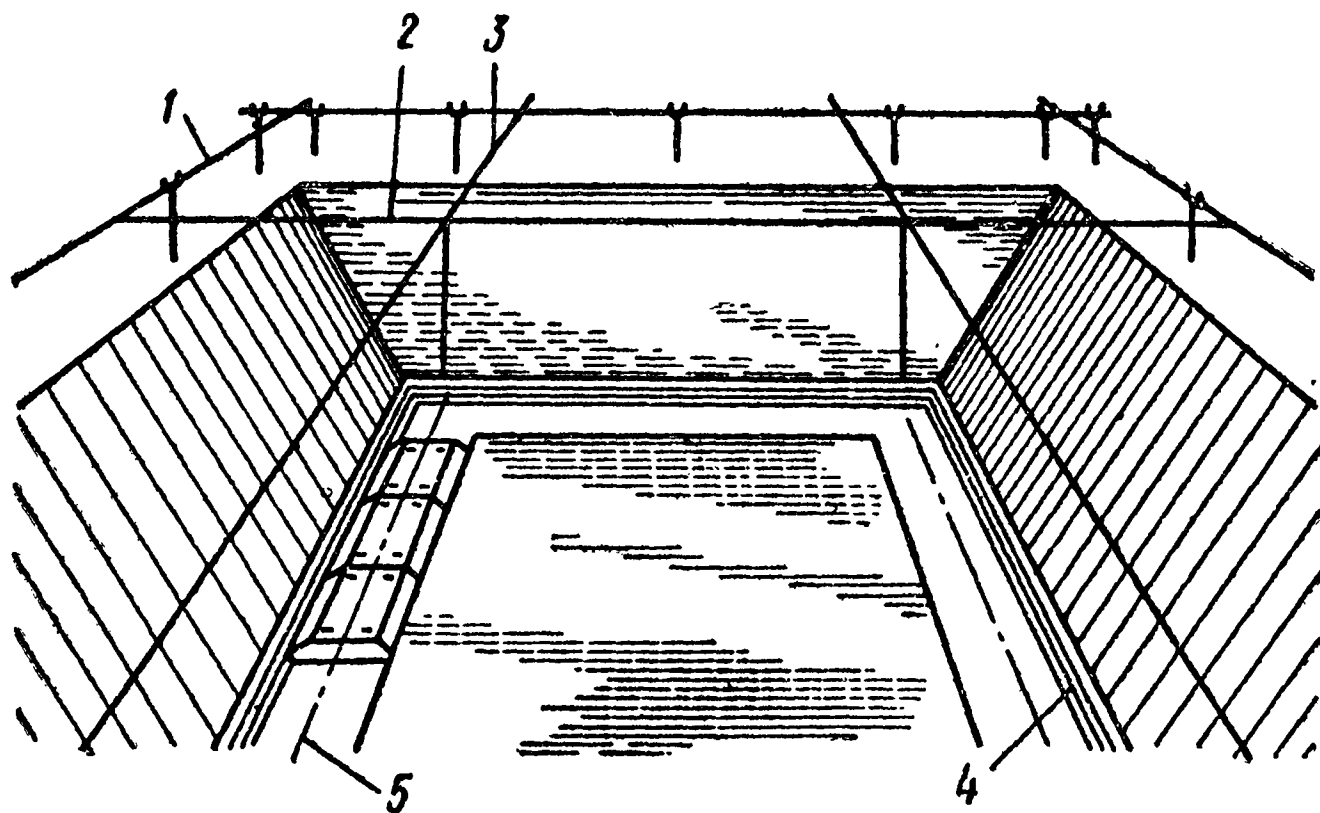


Рис. IV-21. Схема разбивки сборного ленточного фундамента

1 — инвентарная обноска; 2 — проволока по оси торцевой стены; 3 — проволока по оси продольной стены; 4 — причалка; 5 — ось фундамента

временно с укладкой маячных блоков в плане нивелируют их положение по вертикали, устанавливая нивелировочную рейку дважды на каждом блоке на концах осевой линии. Отклонения от проектных отметок не должны превышать ± 10 мм.

Сборные ленточные фундаменты монтируются по тем же технологическим схемам, что и отдельные сборные фундаменты. Разница состоит в том, что первая схема применяется значительно реже, так как при устройстве перекрестных лент дно котлована оказывается в большинстве случаев недоступным для движения монтажного крана. Работа по этой схеме оказывается возможной лишь в тех случаях, когда кран ведет монтаж ленточных фундаментов «на себя» и фундаментные траншеи отрываются непосредственно перед монтажом очередного участка фундамента. Такой метод оказывается иногда целесообразным при монтаже ленточных фундаментов в холодное время года.

Монтаж сборных элементов подземной части зданий

выполняется гусеничными, пневмоколесными или стреловыми и башенными кранами на рельсовом ходу. Гусеничные и пневмоколесные краны рекомендуется применять для жилых зданий башенного типа с числом секций 1—3.

Для монтажа элементов подземной части более протяженных зданий могут быть рекомендованы стреловые краны на рельсовом ходу (рис. IV-22).

Большой грузовой момент и значительная грузоподъемность на наибольшем вылете крюка дают возможность

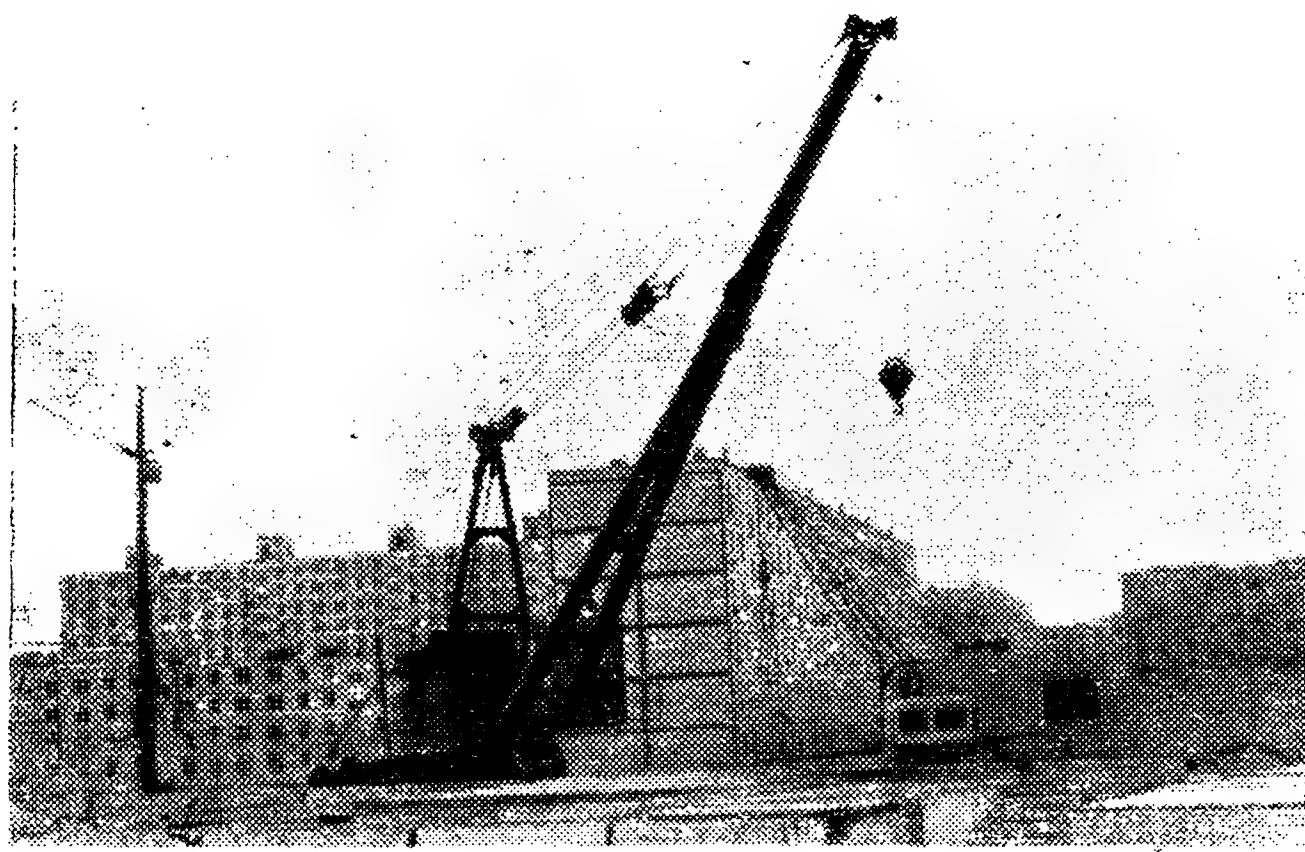


Рис. IV-22. Стреловой кран МСТК-90 на рельсовом ходу

монтировать этими кранами все сборные элементы при расположении крана с одной стороны котлована. Это обстоятельство позволяет существенно сократить потребную площадь прирельсового склада и протяженность дорог для подъезда панелевозов.

Рельсовые стреловые краны могут перемещаться вдоль пути с подвешенным грузом, благодаря чему их производительность на монтаже сборных элементов на 20% выше, чем у гусеничных и пневмоколесных.

Технические характеристики этих кранов, выпускаемых промышленностью (краны КС-100 и КБ-404) и строительными организациями, приведены в табл. IV-12.

К работам по монтажу ленточных фундаментов разрешается приступать только после выполнения всех зем-

Показатель	Марка крана							
	КС-100	МБСТК-80/100		МСТК-90/7,6	КБ-404			
		типоразмеры			типоразмеры			
		I	II		I	II	III	IV
Длина стрелы, м	—	24,5	19,4	18,65	36	28,9	21,8	14,7
Грузоподъемность при: наибольшем вылете крюка, т	5	3,5	5	4,5	5	8	12,5	15
наименьшем вылете крюка, т	5	6	7,7	7,6	8	10	20	20
Вылет: наибольший, м	19,5	25,17	20—15	19,4—14	37,25	30—25	19—12	18,5—10
наименьший, м	10	22—12,5	15—10	14—10	25—16	15—12	12—9,5	10—7
Высота подъема блока при вылете крюка: наибольшем, м	5,5	5	3,5	12,49—3,9	8	6,4	12	7,7
наименьшем, м	17	20	16	15,14—12,42	32	26	19	12,5
Ширина колеи, м	4,5	5	5	5	6	6	6	6
База крана, м	4,5	5	5	5	6	6	6	6
Скорости: подъема крюка, м/мин	20	10	10	10	20	20	10	10,5
опускания крюка, м/мин	20	2, 10	2, 10	2, 10	20, 5	20, 5	10, 25	10, 25, 1,8
поворота крюка, об/мин	0,7	0,74	0,74	0,74	0,6	0,6	0,6	0,6
передвижения крана, м/мин	30	32,7	32,7	30	58	58	58	58
Установленная мощность, кВт	32,7	32,7	32,7	32,7	58	58	58	58
Общий вес крана, Н	465 000	453 000	449 000	400 000	365 000	857 000	852 000	846 000
В том числе: вес противовеса, Н	244 000	215 000	215 000	160 000	520 000	520 000	520 000	520 000— 424 000

ляных работ и разбивки осей фундаментов. Случайные переборы грунта, допущенные при рытье котлованов под фундаменты, должны быть заполнены сухим песком, гравием или щебнем слоями толщиной не более 10 см с тщательной трамбовкой засыпки. Разжиженный грунт и вода в основании фундаментов, образовавшиеся в результате действия атмосферных осадков и грунтовых вод, должны быть удалены со дна котлована или траншеи, а грунт уплотнен втрамбовыванием в него щебня, гравия или крупного песка слоями толщиной 6—8 см.

Фундаментные блоки складываются в штабеля не более чем в 4 ряда. Общая высота штабеля должна быть не более 2,5 м. Штабели следует располагать вне призмы обрушения, но не ближе 1 м от бровки котлована.

Расстояние от складироваемых элементов до края дорог должно быть также не менее 1 м. Нельзя приваливать (опирать) материалы, детали и элементы к заборам и стенам траншей.

Блоки необходимо укладывать в штабеля так, чтобы их маркировки были обращены в сторону проезда или прохода между штабелями. При складировании блоков следует обеспечить возможность беспрепятственного подъема их из штабелей и безопасность работы монтажников.

Расстояние между смежными штабелями должно быть не менее 20 см. В продольном направлении следует устраивать через каждые два штабеля проходы шириной не менее 0,7 м. Поперечные проходы шириной 1 м необходимо устраивать не реже чем через 25 м.

Запрещается складировать блоки и другие элементы на крановых путях, а также между наружными стенами зданий и путями.

Отклонения проектных размеров блоков не должны превышать: по длине ± 15 мм; по ширине ± 15 мм; по толщине ± 10 мм.

Перед укладкой блоки должны быть тщательно очищены от грязи и наледи, подъемные петли выправлены, металлические закладные части очищены от ржавчины.

Фундаментные блоки поднимают двух- или четырех-ветвенным стропом. Блок, подаваемый краном, следует остановить на высоте 0,2—0,3 м над местом установки, развернуть в необходимом направлении и плавно опустить. При этом следует контролировать: маячные блоки-подушки — по двум взаимно перпендикулярным при-

чалкам; рядовые блоки-подушки — по причалке и монтажному зазору между устанавливаемым и уже поставленным смежным блоком.

При монтаже блоков следует выверять отметки верха блоков-подушек, горизонтальность верха блока в поперечном направлении, правильность установки блока на основание. Горизонтальность блоков-подушек в поперечном направлении следует проверять, уложив на блок правило с уровнем. Устраняют отклонения, заново устанавливая блок. Правильность установки маячных блоков-подушек проверяют отвесом, рядовых блоков-подушек — по причалке и монтажному зазору между устанавливаемым и уже установленным блоком, отдельно стоящих блоков-стаканов — шаблоном.

При значительных отклонениях блок необходимо поднять и установить заново; незначительные отклонения устраняют, перемещая блок при помощи монтажного лома.

После окончательной выверки положения блока производят расстроповку. Монтажные петли после укладки 4—5 блоков срезают заподлицо с поверхностью бетона или несколько ниже.

При монтаже ленточных фундаментов из блоков-подушек места сопряжений продольных и поперечных стен надо заделывать бетонной смесью, для чего устанавливают простейшую опалубку из двух досок, укрепляя их распорками в грунт.

В ленточных фундаментах оставляют (по проекту) отверстия для труб водопровода, канализации и т. п. путем раздвижки соседних подушек, перекрываемых вышележащими блоками. Пропуски, оставленные для прокладки трубопроводов, после укладки труб заделываются бетонной смесью.

Горизонтальные швы кладки из крупных фундаментных блоков должны заполняться ровным слоем раствора. Подкладывать под блоки щебенку и кирпичный бой категорически запрещается. Вертикальные пазы между смежными блоками заполняются раствором и тщательно уплотняются трамбованием.

Толщина швов во всех случаях должна быть не более 2 см. Деформационные швы устраиваются в соответствии с проектом, при этом необходимо следить за правильностью устройства изоляции.

Вслед за укладкой и выверкой блоков наружные па-

зухи фундаментов заполняются грунтом с тщательным его трамбованием, не допускающим сдвига блоков, с последующей поливкой водой.

Армированные швы по верху подушек сборных ленточных фундаментов выполняются по рабочим чертежам с соблюдением требований технических условий на производство бетонных и железобетонных работ и следующих указаний:

швы между подушками, до укладки арматуры, заполняются грунтом и в верхней части на толщину 4 см заделываются цементным раствором по длине на 10 см больше толщины стен блоков фундаментов;

арматура для швов обязательно выправляется;

крайние стержни арматуры должны отстоять от грани стеновых блоков фундаментов внутрь не менее чем на 3 см;

все стыки арматуры и сопряжения ее в углах и пересечениях лент фундаментов должны быть сварены или выполнены внахлестку без сварки. Длина сварных швов и перепуска стержней при стыках внахлестку принимается по проекту, но не менее $10d$ при сварке, а при стыке без сварки — $30—35d$. В одном месте допускается стыкование не более двух стержней.

После приемки уложенной арматуры производится раскладка раствора с выравниванием верхней плоскости по маякам, установленным при нивелировке верха подушек.

Организация работ по монтажу фундаментов должна исключать нахождение рабочих под опускаемым блоком.

Снимать с крюка опущенный блок разрешается только после его выверки и окончательной установки.

Подземную часть здания с числом секций до четырех следует рассматривать как одну захватку, подготовляемую полностью под монтаж конструкций подземной части зданий. При числе секций более четырех подземную часть разделяют на две захватки, каждая из которых может быть смонтирована и предъявлена к приемке независимо от другой. Устройство подземной части здания следует вести в первую и вторую смены, а в третью смену завозить на стройплощадку конструкции, детали и материалы. Бетонную смесь и раствор следует доставлять с центрального растворобетонного узла в бункерах и подавать его в этих бункерах на рабочие места.

При устройстве подземной части здания в зимний пе-

риод необходимо выполнять следующие требования:
монтаж фундаментов вести только по незамерзшему основанию, для чего укладку блоков производить или вслед за отрывкой траншей или после снятия с грунта утепляющего покрытия (щитов, слоя опилок, соломы и пр.);

фундаментные блоки перед укладкой их на место очищать от снега и наледи металлическими щетками и скребками, а также горячим воздухом или пламенем от газовых горелок, электрообогревателя и др.;

котлован в процессе возведения фундаментов предохранять от промерзания, укрывая его щитами, рыхлой землей, шлаком или золой ТЭЦ слоем 45—50 см;

засыпку пазух за фундаментами выполнять сразу после монтажа фундаментов и только незамерзшим грунтом.

Раствор должен храниться в закрытых утепленных ящиках с крышками и в момент его укладки должен иметь температуру не ниже 15° С. Консистенция раствора должна быть с осадкой конуса в пределах 4—5 см.

При монтаже сборных ленточных фундаментов отклонения от проектного положения не должны превышать:

По отметкам обреза фунда- ментов	± 10 мм
По смещению осей конструк- ций	10 »
По толщине фундаментов .	в пределах допуска на изготовление блоков
Отклонение поверхностей и углов фундаментов от верти- кали	10 мм
Отклонение рядов блоков от горизонтали на 10 м длины .	10 »
Толщина горизонтальных швов между блоками до . .	20 »

На рис. IV-23 изображены перечисленные выше отклонения сборных ленточных фундаментов.

§ 6. УСТРОЙСТВО МОНОЛИТНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Разбивка котлована для сооружения монолитных ленточных фундаментов начинается с натягивания по осям дома проволок, закрепленных на обноске. К про-

волоке подвешивают отвесы, по которым устанавливают сначала нижние щиты опалубки, а после их закрепления — верхние.

Вертикальное положение верхнего обреза фундамента определяется с помощью нивелира и отмечается на опалубке забитыми в нее гвоздями (рис. IV-24). Положение опалубки в плане проверяют замерами от разбивочных осей, а вертикальное положение — отвесом.

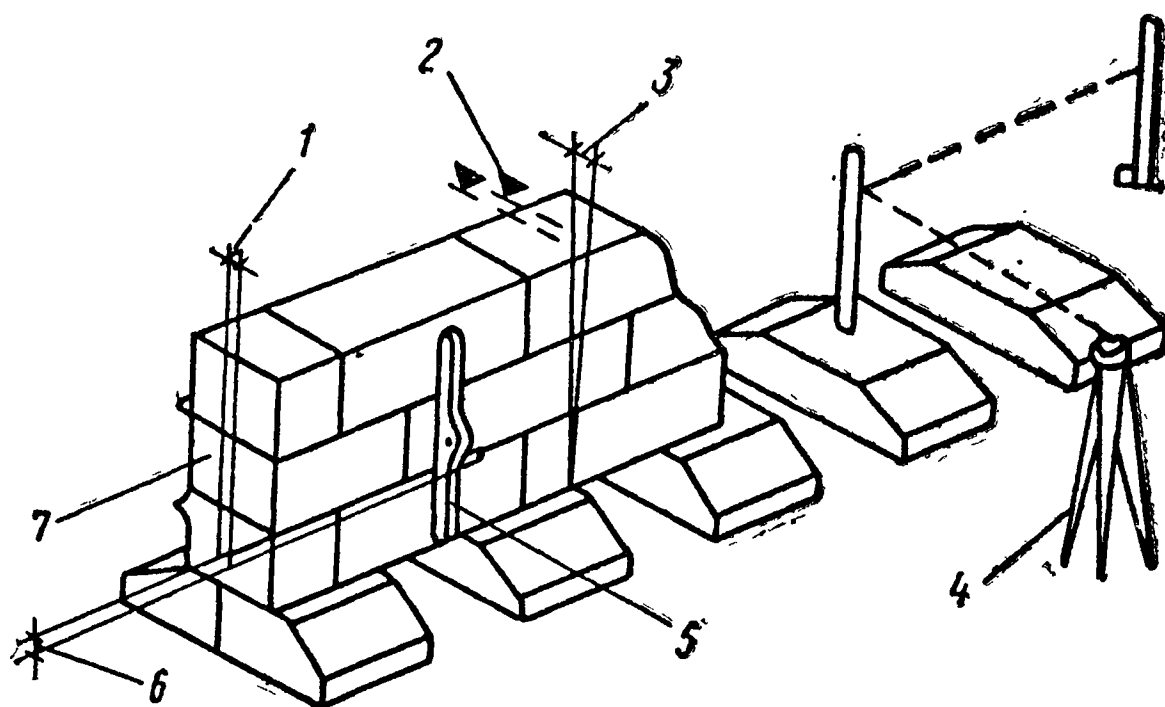


Рис. IV-23. Выверка фундамента из крупных блоков

1 — смещение осей фундаментов; 2 — отклонения по отметкам обрезов фундамента; 3 — отклонения поверхностей фундамента от вертикальной плоскости; 4 — выверка нижнего ряда фундамента нивелиром; 5 — выравнивание блоков подвалов по внутренней стороне; 6 — отклонения рядов кладки от горизонтальной плоскости; 7 — толщина швов кладки

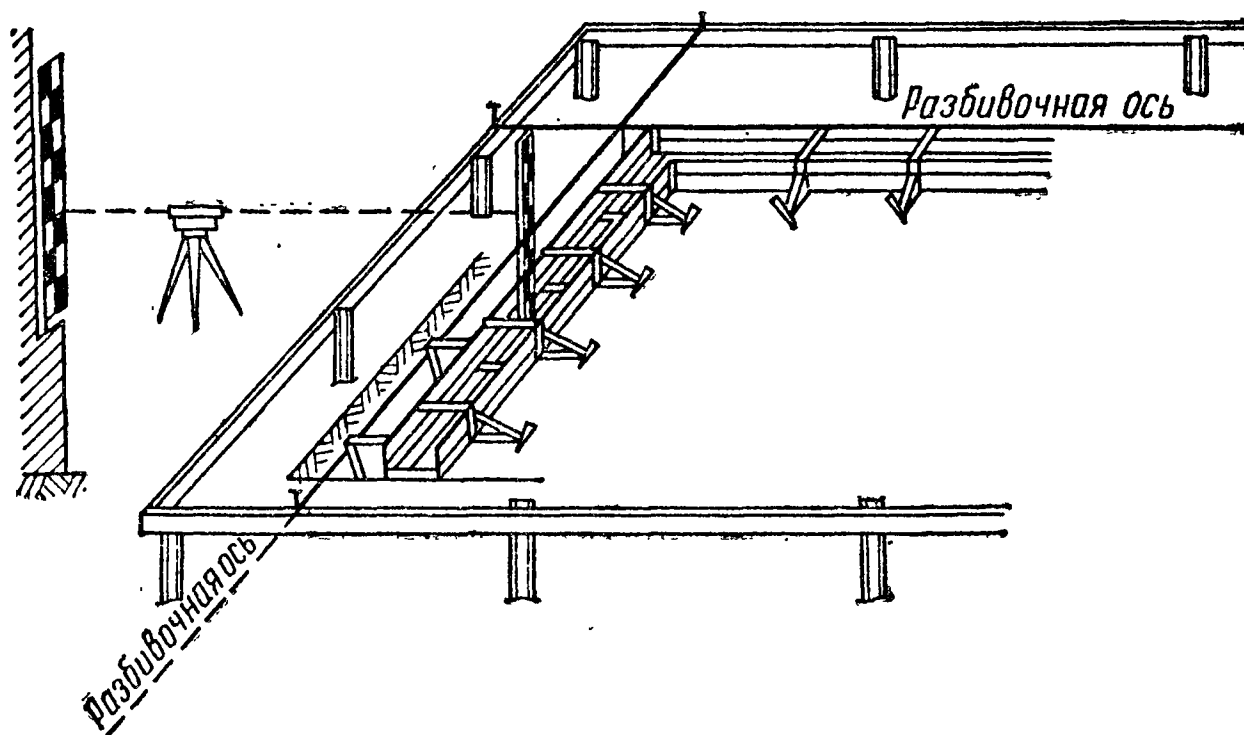


Рис. IV-24. Разбивка опалубки монолитного ленточного фундамента

Отклонения от проектных размеров опалубки и ее положения не должны превышать:

Смещение в плане продольных осей опалубки фундаментов ± 15 мм

Смещение в плане продольных осей опалубки прочих элементов подземной части зданий (стен, колонн, балок и т. п.) . ± 10 »

Отклонения внутренних размеров поперечных сечений коробов опалубки $+ 5$ »

Отклонения вертикального положения опалубки 5 » на 1 м высоты опалубки, но не более 20 мм

Монолитные ленточные фундаменты устраиваются враспор в траншее или в опалубке, изготовляемой обычно из досок на месте работ (рис. IV-25). Оригинальная

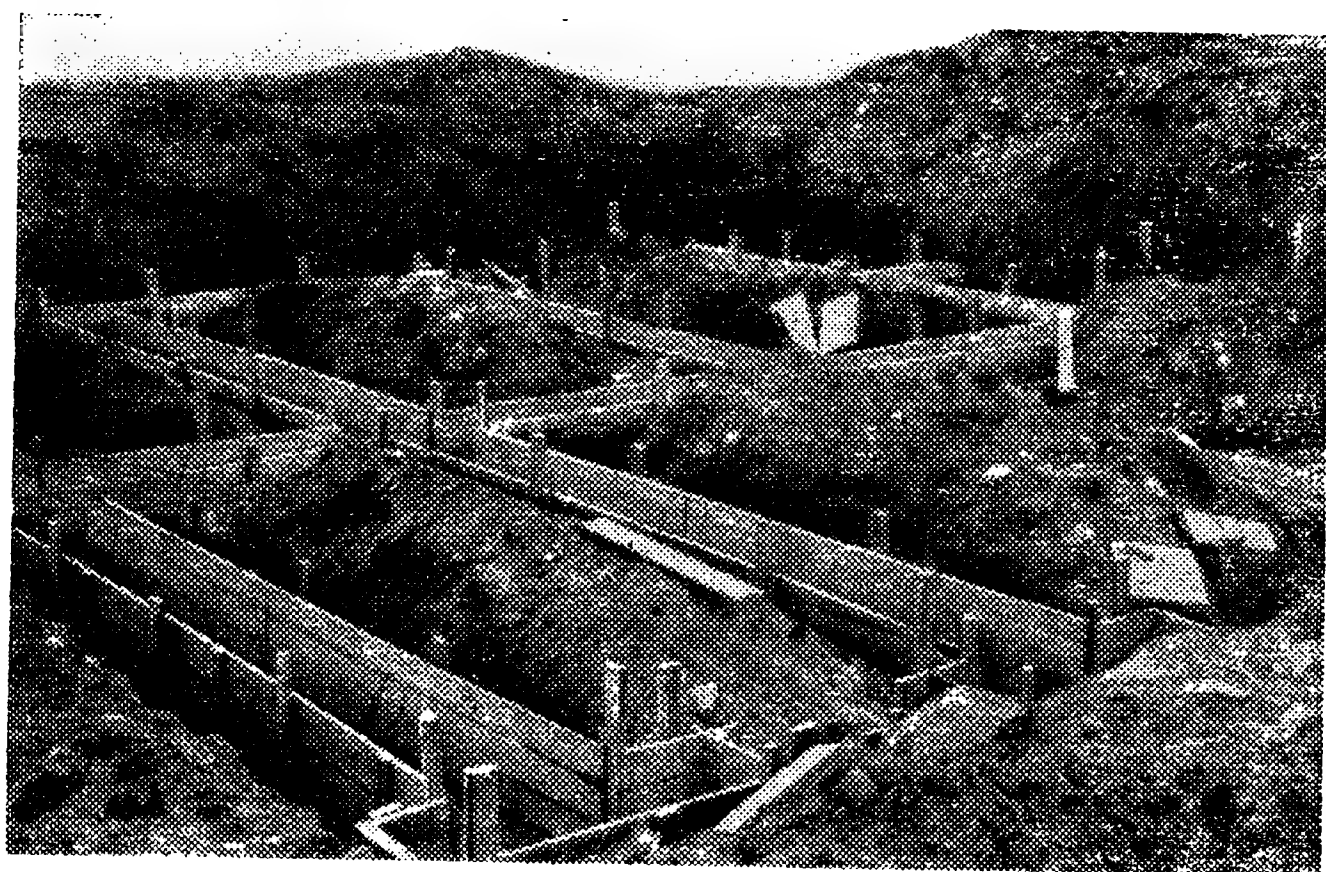


Рис. IV-25. Опалубка ленточного фундамента из досок

конструкция инвентарной металлической опалубки для бетонирования ленточных фундаментов разработана инж. А. Г. Бакеневым в стройтресте № 2 Таганрога. Она представляет собой два щита, соединенных шарнирно. При подъеме крюка крана его усилие через рычаги передается на левый щит опалубки, который, поворачива-

ясь вокруг шарнира, отходит от затвердевшего бетона (рис. IV-26). При продолжении подъема крюка правый щит поворачивается у основания и также отходит от бетона.

Выполнять работы по устройству монолитных ленточных фундаментов следует, руководствуясь рекомен-

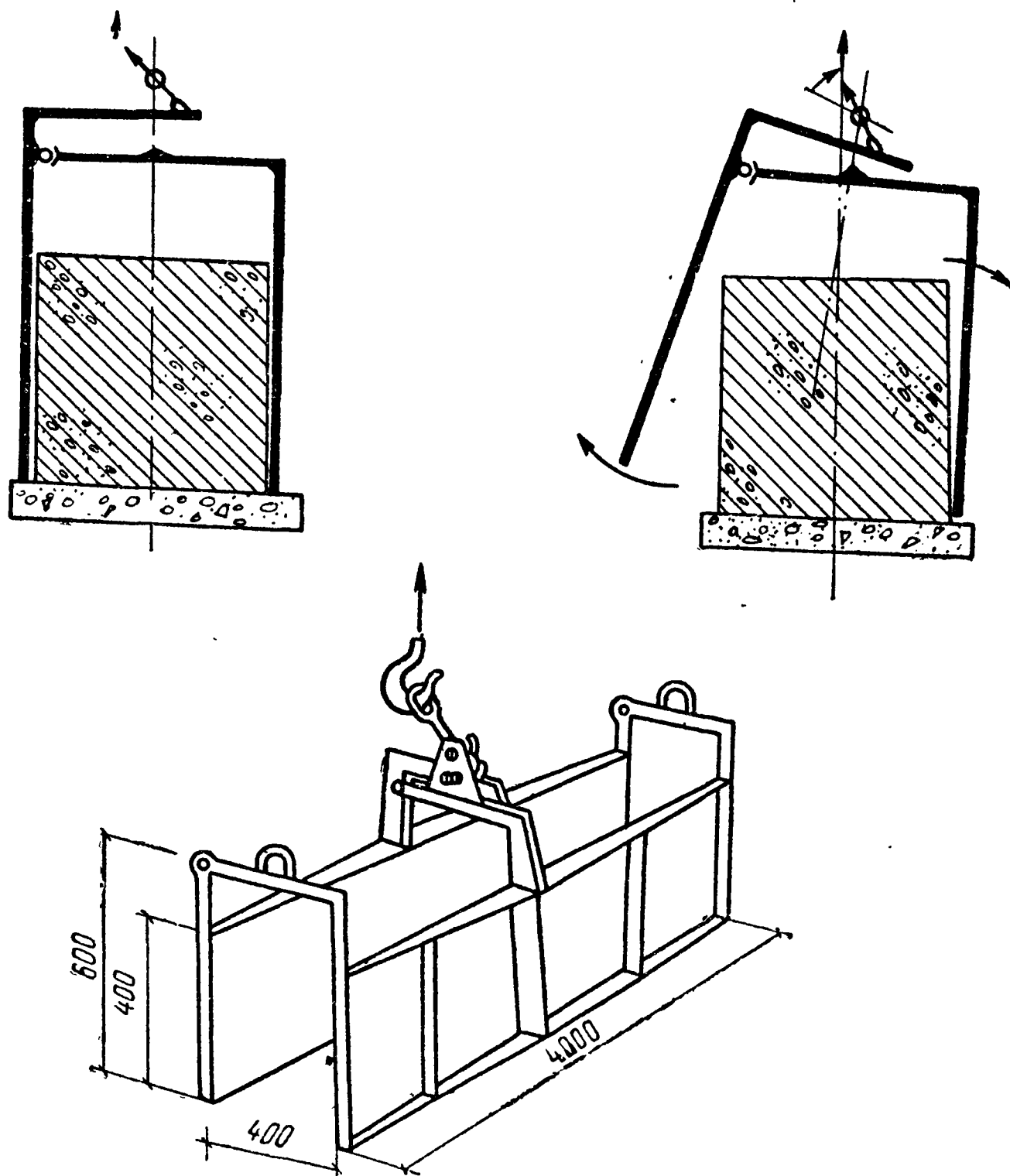


Рис. IV-26. Инвентарная металлическая опалубка для бетонирования ленточных фундаментов

дациями, приведенными в § 4 гл. IV настоящего справочника.

Перед заглаживанием поверхности фундамента в незатвердевший бетон погружают до проектных отметок металлические штыри, положение которых проверяется нивелиром. Поверхность бетона затирается по штырям строгаными деревянными брусками.

По окончании бетонирования выполняется исполнительная съемка фундаментов нивелиром в точках пересечения осей фундамента и через 5—10 м в промежутке между осями. На исполнительную схему наносятся также фактические отклонения осей фундаментов от проектного положения в плане.

§ 7. УСТРОЙСТВО ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Комплексный процесс сооружения плитных фундаментов включает работы по зачистке котлована, бетонной подготовке, кирпичной кладке, бетонированию плиты и ряд сопутствующих работ. При этом собственно бетонные работы занимают по трудоемкости 25—50% всех трудозатрат. На зачистку вручную дна и откосов котлована расходуется до 25%, на бетонную подготовку — до 20%, на кирпичную кладку — до 40% трудозатрат.

При выполнении бетонных работ затраты труда в зависимости от размеров плиты и условий производства работ распределяются следующим образом: арматурные работы — до 50%; устройство опалубки — до 15%; укладка и уплотнение бетонной смеси — до 35%.

Ниже приводятся фактические трудозатраты при возведении монолитных фундаментных плит.

Фактические затраты

1. Разработка грунта вручную, чел.-ч/м³	2,4—6,34
2. Бетонная подготовка, чел.-ч/м²	0,6—2,7
3. Укладка арматуры, чел.-ч/т	4,7—12,45
4. Устройство опалубки, чел.-ч/м²:	
деревянной	0,69—1,7
из металлической сетки	0,46—0,84
5. Кирпичная кладка прижимной стенки, чел.-ч/м³	4—9,9
6. Укладка бетона, чел.-ч/м³	1,07—4,3
7. Изготовление арматурных каркасов, чел.-ч/т	17—18
8. Общие трудозатраты, чел.-ч/м³	7,2—26,8
В том числе по пп. 3, 4, 6	2,7—8,7

Удельные затраты

Расход арматуры, кг/м³	100—200
Расход опалубки, м²/м³:	
деревянной	0,24—0,7
из металлической сетки	0,7—1,1

При подаче бетонной смеси по технологической схеме кран — бадья темп работ не превышает 40—50 м³ в смену. В тех случаях когда по условиям производства работ строительная организация имеет возможность обеспечить снабжение данного объекта бетонной смесью более интенсивно, целесообразно предусмотреть для подачи смеси бетоноукладчики, вибротранспортное оборудование и т. п. Дополнительные затраты на механизацию в этом случае частично будут компенсированы тем, что краны для подачи материалов можно будет выбрать меньшей грузоподъемности (1—3 т), а высокий темп бетонирования (100 и более м³ в смену) позволит значительно улучшить качество плиты, сократить объемы работ по устройству разделительных швов и уменьшить общую продолжительность возведения фундамента. Весьма перспективен метод доставки бетонной смеси автотранспортом непосредственно к месту укладки, при котором нет необходимости в специальных бетоноукладочных машинах и отпадают ограничения по темпу бетонирования.

Применяя эту технологическую схему, следует обеспечить высокое качество бетонной смеси, не допускать езды автомобилей по забетонированным участкам, бетон которых еще не схватился (менее четырех дней), необходимо содержать в порядке настил для движений автомашин. Для съезда машин в котлован следует устраивать пандусы.

Сокращение затрат труда на арматурных работах достигается прежде всего за счет централизованной заготовки арматурных каркасов, сеток и стержней. Дальнейшее снижение затрат может быть получено при внедрении пружинных зажимов и лент для соединения арматурных стержней вместо вязальной проволоки (рис. IV-27). Эти зажимы из проволоки П-1 или П-2 диаметром 1,5 мм позволяют быстро и надежно соединять арматурные стержни, расположенные перпендикулярно друг другу. Они изготавливаются на универсально-гибочном автомате А-7115, оснащенный специальным приспособлением. Производительность автомата 27,7 тыс. шт. в смену. Применение зажимов позволяет снизить затраты труда на арматурных работах на 10%, существенно повысить надежность соединений и облегчить условия труда рабочих.

В качестве наружной и внутренней опалубки моно-

литных плит целесообразно использовать (вместо деревянной опалубки) стальную сетку из проволоки диаметром 0,7 мм с ячейками 5×5 см. Сетку крепят к арматуре плиты вязальной проволокой (или пружинными зажимами) из расчета 25 соединений на каждый квад-

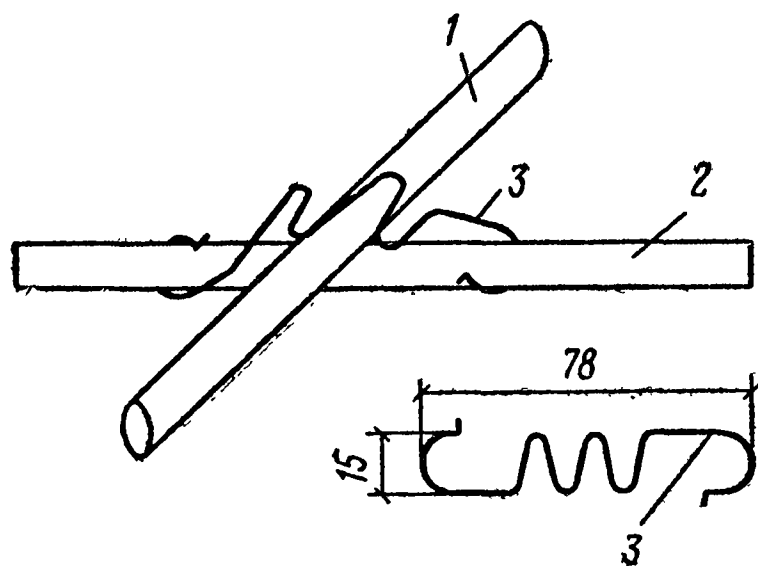


Рис. IV-27. Зажим для крепления арматуры

1, 2 — арматурные стержни; 3 — зажим

ратный метр сетки. Стаканы под колонны следует изготавливать в унифицированной инвентарной опалубке, описанной выше.

В результате внедрения перечисленных мероприятий трудоемкость бетонных работ может быть снижена до 1,25—2,5 чел.-ч на 1 м³, а суммарная трудоемкость процесса устройства фундаментных плит — до 2,2—4,4 чел.-ч на 1 м³ [18].

§ 8. ВОЗВЕДЕНИЕ СТЕН И ПЕРЕКРЫТИЙ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЙ

1. Монтаж стеновых блоков

После устройства гидроизоляции по блокам фундаментов приступают к сборке блоков стен. Монтаж начинают с установки маячных блоков (угловых и промежуточных). После установки маячных блоков на уровне верха блока на расстоянии 2—3 мм наружу от плоскости стен натягивают проволочную причалку, которую закрепляют скобами.

Для разметки проволочные оси наружных стен натягивают на обноску, после чего с помощью отвеса переносят точки пересечения осей на блоки фундаментов, фиксируя их взаимно перпендикулярными рисками. На фундамент следует перенести положение межсекцион-

ных осей и зафиксировать рисками у наружной плоскости стен, затем проверить расстояние между осями, а также равенство диагоналей между точками пересечения соответствующих осей.

При разметке мест установки блоков последующих рядов риски осей вертикальных швов следует наносить на боковой поверхности блоков нижнего ряда.

Раствор летом разравнивают зубчатой малкой, зимой — гладкой малкой по рамке. В постель под каждый блок втапливают два маяка и два клина. Перед монтажом блоков второго ряда и всех вышележащих, перед устройством постели, необходимо срезать или загнуть монтажные петли на собранных блоках предыдущего ряда.

Правильность опускания блока на место надо контролировать в продольном направлении по рискам осей вертикальных швов и величине монтажного зазора, образуемого с ранее установленным блоком, и в поперечном направлении — по причалке и обрезау блоков нижнего ряда.

На маяках и клиньях блок должен стоять вертикально или иметь небольшой наклон наружу. Правильность установки верха блока проверяется по причалке и визированием на ранее установленные блоки. Если отклонение верха блока от проектного положения превышает 5 мм, блок следует поднять, отвести в сторону, очистить место установки и основание блока от обезвоженного раствора, устроить заново растворную постель, заменив маяки более толстыми или более тонкими и снова установить блок.

Горизонтальность верха блока в продольном направлении проверяют правилом с уровнем и визированием на ранее смонтированные блоки. Отклонения, превышающие допуски, следует устранять, как было указано выше.

Правильность установки на место основания блока надо контролировать по рискам осей вертикальных швов и величине монтажного зазора, образуемого между монтируемым и ранее поставленным блоком, а также по обрезау блоков нижележащего ряда и причалке. При наличии отклонений следует переместить блок при помощи монтажных ломов.

Вертикальность стены надо проверять по причалке, отвесу или правилу. Обнаруженные отклонения необхо-

димо устранять, осторожно вытаскивая клинья. Подбивать клинья запрещается, так как это приводит к образованию труднозаделываемой щели между основанием блока и раствором.

Поверхность стен ниже уровня грунта должна быть выровнена по внутренней стороне стены, а выше — по наружной.

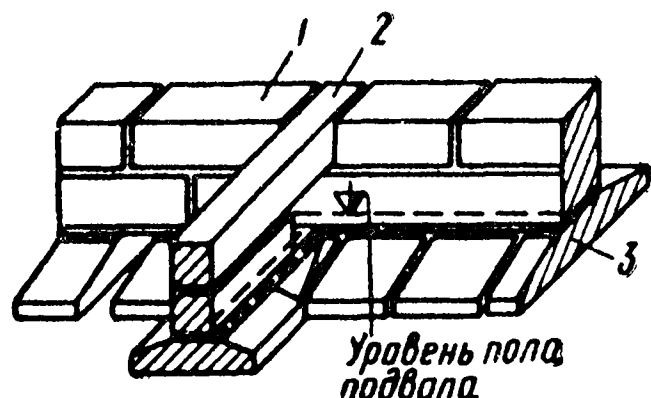


Рис. IV-28. Блоки ленточного фундамента

1 — наружной стены; 2 — внутренней стены; 3 — подушка

Вертикальные и горизонтальные швы кладки должны быть тщательно заполнены раствором и расшиты с двух сторон.

Блоки стен укладываются с перевязкой по рис. IV-28.

Выравнивающий пояс по обрезу сборных фундаментов устраивается из цементного раствора или бетонной смеси (в зависимости от толщины пояса) в опалубке, верх которой выравнивается по нивелиру. Устройство верхнего армированного пояса нужно производить после укладки всех блоков стен подвала по всему периметру.

Засыпку пазух рекомендуется выполнять после устройства перекрытий над подвалом с тщательным трамбованием грунта. Допускается засыпать пазухи грунтом и до устройства перекрытия, если при этом будет обеспечена устойчивость стен подвала. Одновременно с засыпкой пазух производится подсыпка грунта под полы до проектной отметки с тщательным его трамбованием.

2. Монтаж стеновых панелей, лестниц и плит перекрытий

В соответствии с указаниями, содержащимися в типовых проектах зданий, монтируются стеновые панели, плиты перекрытий и другие сборные элементы подземной части здания. Технология и порядок монтажа сборных элементов определяются конструкцией эле-

ментов, стыков между ними и применяемой монтажной оснасткой. Перед началом монтажа стеновых панелей подземной части здания необходимо:

определить монтажный горизонт, т. е. проектную отметку положения низа собираемых стеновых панелей и срезать монтажные петли фундаментных блоков;

произвести разметку мест установки панелей (по наружным и внутренним стенам).

Стеновые панели подземной части зданий, как правило, устанавливаются, методом свободного монтажа и



Рис. IV-29. Облегченный подкос для временного крепления и выверки вертикальности панелей

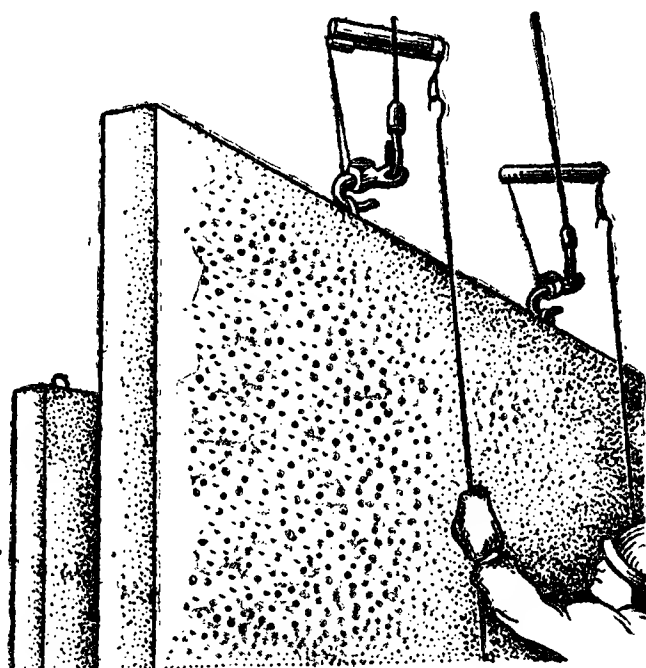


Рис. IV-30. Устройство для дистанционной расстроповки

закрепляются подкосами. Наряду с обычными трубчинными подкосами, прикрепляемыми к верху панели, в практике работы строительных организаций хорошо зарекомендовали себя укороченные подкосы (рис. IV-29), закрепляемые за специальные петли на панелях, располагаемые на высоте человеческого роста. Для расстроповки панелей без применения монтажных лестниц может быть рекомендовано приспособление, изображенное на рис. IV-30.

За последние годы строительными организациями накоплен некоторый опыт по сборке наружных и внутренних цокольных панелей с помощью специального

монтажного оснащения — системы штанг, позволяющих устанавливать панели и временно закреплять их в проектном положении (рис. IV-31). Ниже приведен

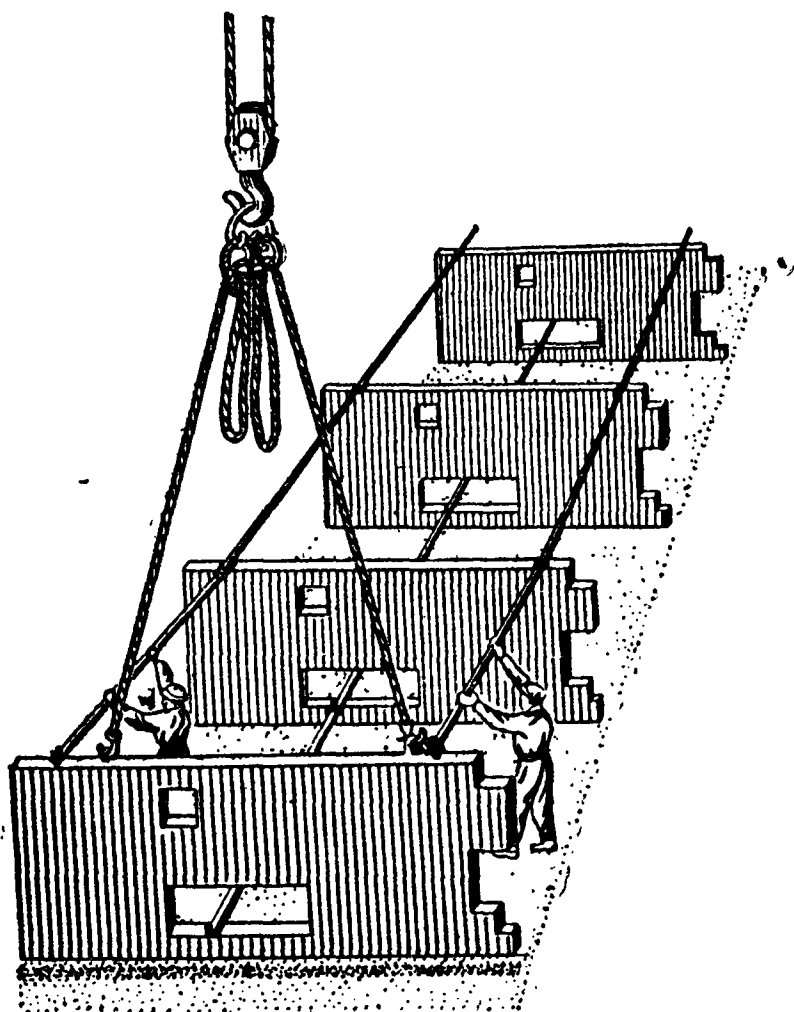


Рис. IV-31. Схема монтажа подземной части полносборного здания штангами с осевыми зажимами

перечень приспособлений, входящих в комплект монтажного оснащения.

Штанги с осевыми фиксаторами для крепления внутренних поперечных панелей, шт.	45
Раздвижные скобы для крепления наружных панелей, шт.	16
Струбины-фиксаторы для крепления внутренних продольных панелей	10
Телескопические подкосы со струбиной для крепления базовых панелей, шт.	2

Применение этого метода сборки позволяет снизить продолжительность и трудоемкость цикла монтажа внутренних панелей в 3,4, а наружных — в 2,4 раза.

3. Монтаж лестниц и перекрытий над техническим подпольем

По мере окончания возведения стен в ячейках лестничных клеток монтируют лестничные площадки и марши. Панели перекрытий над техническим подпольем

собирают после окончания монтажа панелей стен подземной части здания, сварки связей в узлах и заделки стыков.

Монтаж элементов лестниц и перекрытий над техническим подпольем производится в такой последовательности:

- выравнивают по нивелиру верх панелей стен;
- размечают места установки элементов и сваривают их друг с другом;
- подают и расстилают раствор;
- устанавливают элементы конструкций;
- замеряют правильность установки элементов и сваривают их друг с другом;
- заполняют раствором стыки между панелями.

Все работы в техническом подполье (прокладка транзитных трубопроводов и канализационных труб) должны быть закончены до монтажа перекрытия над ним.

Выбор технологической схемы работ и крановых средств для возведения стен и перекрытий подземной части зданий выполняется с учетом:

- гидрогеологических и геологических условий строительной площадки;
- размеров подземной части здания и глубины заложения фундаментов;
- веса сборных железобетонных элементов и их расположения в плане;
- принятой организации работ и характера застройки (одиночное здание, квартальная застройка, поточное строительство жилых зданий в микрорайонах и т. д.);
- особых условий строительной площадки (стесненность, удаленность от базы изготовления сборных элементов, наличие подъездов и т. д.).

Монтаж сборных элементов должен вестись кранами, находящимися на бровке котлована, для чего используются краны на гусеничном, пневмоколесном ходу, а также стреловые и башенные краны на рельсовом ходу.

Применять краны на пневмоколесном ходу рекомендуется при тщательно спланированной и уплотненной полосе, обеспечивающей перемещение крана по периметру котлована строящегося здания. Монтаж сборных элементов кранами на гусеничном и пневмоколесном ходу с верхней бровки котлована выполняется с одной и с двух сторон котлована при круговом движении крана по пе-

риметру котлована; кранами на рельсовом ходу сборные элементы монтируются с одной стороны котлована без обхода.

При возведении отдельных зданий без разрыва во времени между окончанием сооружения подземной и началом монтажа надземной части здания рекомендуется монтировать подземную и надземную части одним и тем же башенным краном.

При поточной застройке жилых кварталов и микрорайонов, когда для ритмичной работы домостроительных комбинатов необходимо обеспечить задел подземных частей зданий, между окончанием монтажа подземной и началом сооружения надземной части зданий образуется разрыв во времени, продолжительность которого согласно СНиП III-A.3-66 может достигать трех месяцев. В этих случаях монтаж подземной части рекомендуется выполнять гусеничными, пневмоколесными кранами или рельсовыми стреловыми кранами.

Если специализированные организации, такие, как Фундаментстрой, монтируют только фундаментные блоки, а сборку остальных элементов подземной части выполняют ДСК, то рекомендуется вести монтаж фундаментных блоков гусеничными или пневмоколесными кранами, а цокольные панели, плиты перекрытий и прочие элементы устанавливать тем же башенным краном, которым будет осуществляться монтаж надземной части здания. Эта технологическая схема может применяться не только для протяженных, но и для односекционных («точечных») зданий, которые могут строиться одним башенным краном, движущимся по закругленным рельсовым путям.

При выборе типа крана для монтажа подземной части жилых крупнопанельных зданий рекомендуется пользоваться графиками, приведенными на рис. IV-32, IV-33, IV-34. На этих графиках по оси абсцисс отложено число сборных элементов подземной части n , приходящихся на 1000 м² жилой площади, а по оси ординат — жилая площадь S в тыс. м². На графиках нанесены кривые равной стоимости возведения подземной части сравниваемыми монтажными кранами при трех разных значениях коэффициента K ($K=17, 18,5$ и 20). Коэффициент K вычисляется по формуле

$$K = \frac{L}{S},$$

где L — протяженность здания, м;
 S — жилая площадь, тыс. м².

Ниже описано, как следует пользоваться графиками. Определив для интересующего нас здания величины

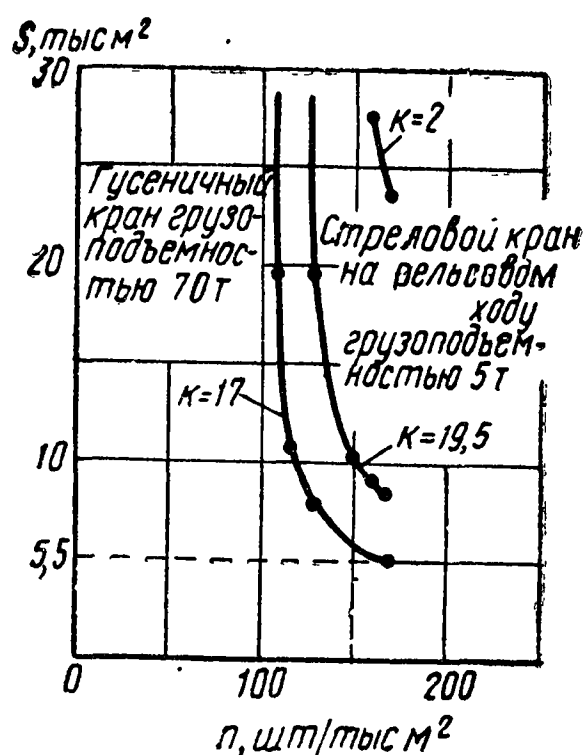


Рис. IV-32. Области рационального применения кранов для монтажа подземной части 5-этажных жилых домов из элементов весом до 50000 Н

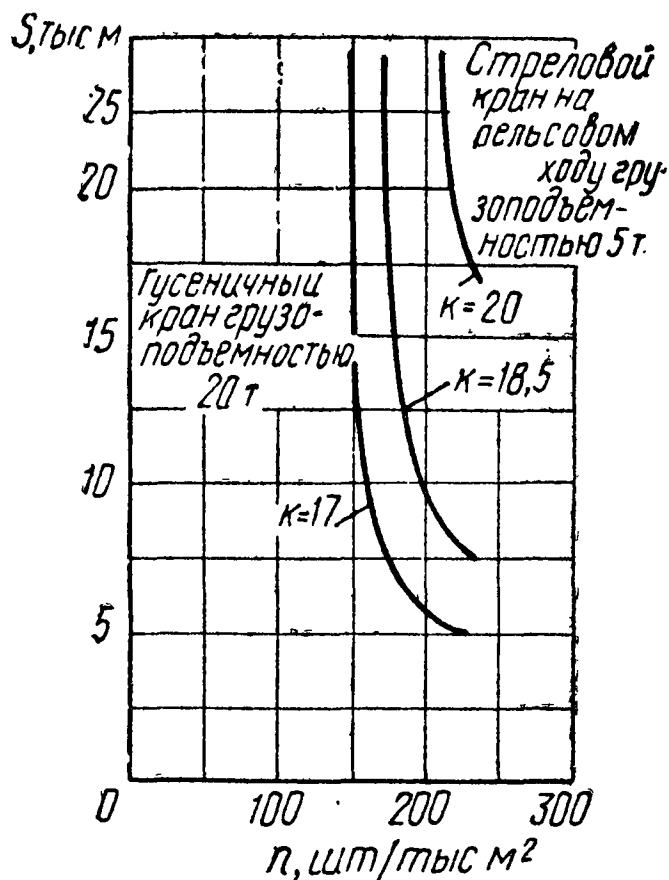
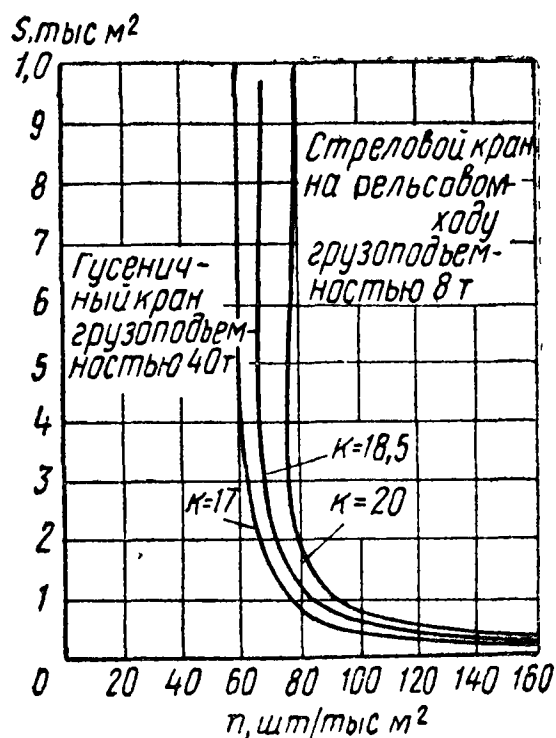


Рис. IV-33. Области рационального применения кранов для монтажа подземной части 9-этажных жилых домов из элементов весом до 50000 Н

Рис. IV-34. Области рационального применения кранов для монтажа подземной части 9-этажных жилых домов из элементов весом до 80000 Н



n и K , находим положение точки пересечения значений S и n для данного здания. Если эта точка лежит выше соответствующей кривой, то подземную часть целесообраз-

разно монтировать кранами на рельсовом ходу; если точка лежит ниже кривой, монтаж целесообразно выполнять гусеничными и пневмоколесными кранами.

Графики составлены для 5- и 9-этажных бескаркасных жилых зданий.

Затраты труда на монтаж сборных элементов подземной части крупнопанельных жилых зданий могут быть ориентировочно определены по формуле

$$t_p = 1,05 t_m K_v,$$

- где t_p — затраты труда на монтаж подземной части зданий, чел.-ч на 1000 м² полезной площади;
 t_m — затраты кранового времени, маш.-ч на 1000 м² полезной площади;
 K_v — численность звена монтажников, чел.;
1,05 — коэффициент затрат труда монтажников на выполнение прочих видов работ.

Численность звена монтажников обычно колеблется в пределах 3—4 человек.

Отклонения положения сборных элементов подземной части зданий от проекта не должны превышать следующих величин:

Смещение осей панелей и блоков стен в нижнем сечении относительно разбивочных осей	±5 мм
Отклонения плоскостей стен от вертикали в верхнем сечении	±5 »
Расхождения в размерах площадок опирания плиты перекрытия	±5 »
Разница в отметках верхних поверхностей плит перекрытий в пределах выверяемого участка	20 »

Глава V. ФУНДАМЕНТЫ ИЗ ЗАБИВНЫХ СВАЙ И ШПУНТОВЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ

§ 1. ВИДЫ И УСТРОЙСТВО ЗАБИВНЫХ СВАЙ

1. Классификация железобетонных забивных свай

По форме поперечного сечения железобетонные сваи разделяются на сплошные квадратные, квадратные с круглой полостью, сплошные прямоугольные, полые цилиндрические или трубчатые диаметром до 800 мм, свай-оболочки диаметром свыше 800 мм.

По способу армирования сваи изготавливаются с ненапрягаемой продольной арматурой, с предварительно-напряженной стержневой, проволоочной или прядевой продольной арматурой.

По длине сваи делятся на цельные и состоящие из отдельных секций.

Конструкция нижнего конца полых свай может быть закрытой, открытой и с камуфлетной пятой.

2. Конструкция свай

а. Сваи квадратного сечения с ненапрягаемой продольной арматурой

Сваи сплошного квадратного сечения с ненапрягаемой продольной арматурой, цельные с острием изображены на рис. V-1.

Рабочая продольная арматура свай изготавливается из горячекатаной круглой стали гладкого или периодического профиля класса А-I или А-II диаметром не менее 12 мм. В сваях сечением от 20×20 до 30×30 см устанавливаются по четыре стержня продольной арматуры, сечением от 35×35 до 40×40 см — по восемь стержней. В верхней части свай, непосредственно воспринимающей удар молота, ставится 3—5 сеток из арматурной проволоки или катанки на расстоянии 5 см друг от друга. В средней части свай располагаются две строповочные

петли для захвата свай при выемке из пропарочной камеры, при транспортировании и складировании их. Места установки петель определяются расчетом на изгиб от собственного веса свай.

В нижней части концы продольной арматуры подгибаются к центру для образования острия свай. Шаг поперечной арматуры (спирали)

у концов свай 5 см, у середины — 10—20 см.

Поперечная арматура, строповочные петли, сетки в голове свай обычно изготавливаются из низкоуглеродистой проволоки или катанки диаметром не меньше 5 мм. Марка бетона применяется не меньше 200. В табл. V-1 приведены основные размеры железобетонных сплошных свай квадратного сечения (см. стр. 155).

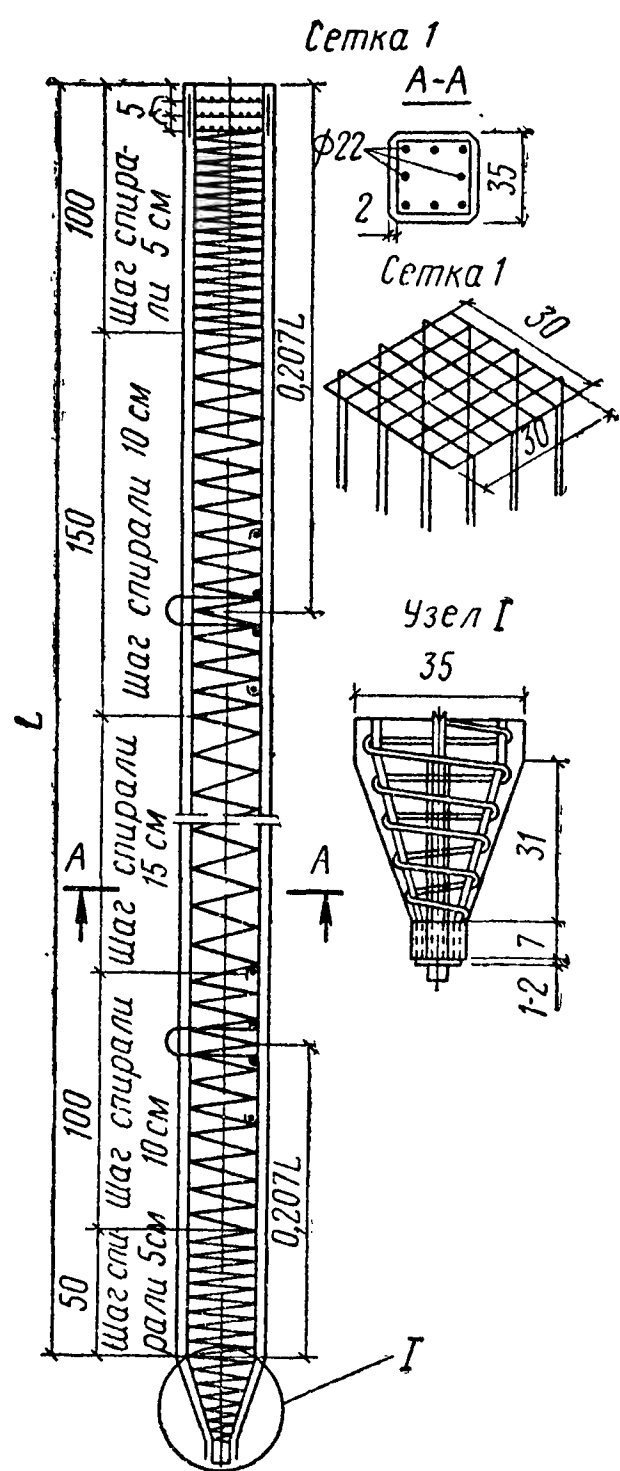


Рис. V-1. Железобетонная свая квадратного сечения с ненапрягаемой арматурой

б. Сваи квадратного сечения с предварительно-напряженной арматурой

Разработаны и применяются в настоящее время типовые конструкции сплошных свай квадратного сечения, размеры которых приведены в табл. V-2.

В табл. V-3 даны размеры свай без поперечного армирования.

Конструкции свай с предварительно-напряженной стержневой (рис. V-2) и ненапрягаемой арматурой в основном аналогичны, за исключением армирования острия свай.

В свае с преднапряженной арматурой острие армируется отдельным каркасом.

В свае без поперечного армирования рабочая продольная арматура располагается в центральной зоне сечения в виде одного стержня или двух высокопрочных

Т а б л и ц а V-1

Размеры забивных железобетонных свай
сплошного квадратного сечения по ГОСТ 10628—63

Сечение, см	Длина, м	Сечение, см	Длина, м
20×20	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7	30×30	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12
25×25	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8	35×35	8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16
		40×40	13; 14; 15; 16

Примечания: 1. Длина свай указана без острия.
2. Сваи длиной более 16 м должны изготавливаться с предварительно-напряженной арматурой.

Т а б л и ц а V-2

Размеры забивных железобетонных
предварительно-напряженных свай сплошного
квадратного сечения по ГОСТ 12587—67

Сечение, см	Длина, м	Сечение, см	Длина, м
<i>Напряженно-армированные стержневой арматурой (СН)</i>		30×30	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15
30×30	9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20	35×35	8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20
35×35	10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20	40×40	16; 17; 18; 19; 20
40×40	16; 17; 18; 19; 20	<i>Напряженно-армированные семипроволочными прядями (СП_п)</i>	
<i>Напряженно-армированные высокопрочной проволокой (СН_{пр})</i>		30×30	11; 12; 13; 14; 15
20×20	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7	35×35	11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20
25×25	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8	40×40	16; 17; 18; 19; 20

Примечания: 1. Для армирования свай рекомендуется применять арматуру:
а) стержневую — из арматурной стали классов А-III и А-IV по ГОСТ 5781—61;
б) проволочную — из высокопрочной проволоки периодического профиля по ГОСТ 8480—63;
в) прядевую — из семипроволочных прядей класса П-7.
2. Сваи имеют по ГОСТ 12587—67 следующие обозначения: напряженно-армированные стержневой арматурой — СН, проволочной — СН_{пр} и прядевой — СН_п.

**Размеры забивных железобетонных
предварительно-напряженных свай сплошного
квадратного сечения без поперечного армирования ствола
по ГОСТ 12587—67**

Сечение, см	Длина, м
20×20	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6
25×25	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7
30×30	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8; 9

Примечания: 1. Сваи изготовляются со стержневой арматурой класса А-IV, со стержневой термически упрочненной арматурой класса А_Т-V, с высокопрочной проволокой, с семипроволочной прядью.

2. Рабочие чертежи разработаны ГПИ Фундаментпроект Минмонтаж-спецстроя, серии 1-011-2, вып. 2.

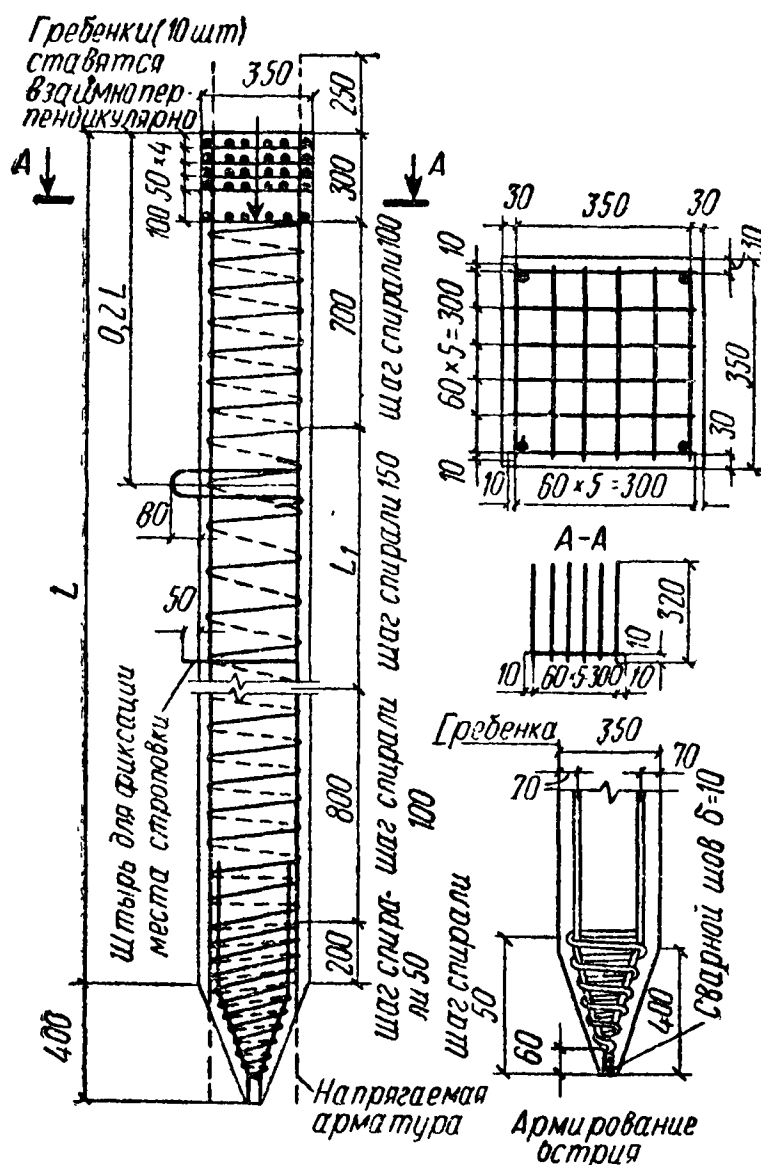


Рис. V-2. Железобетонная свая квадратного сечения с предварительно-напряженной стержневой арматурой

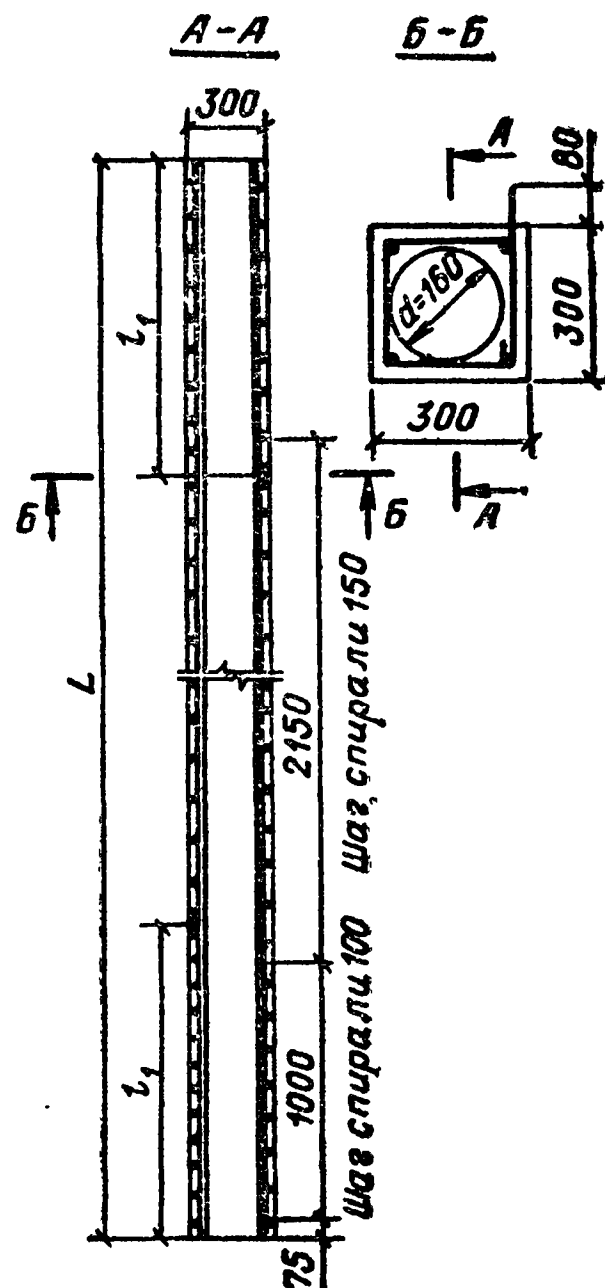


Рис. V-3. Железобетонная свая квадратного сечения с круглой полостью

проволок. Поперечную спираль или хомуты устанавлива-
ют лишь на коротких концевых участках свай. Экономия
арматуры при этом достигается при длине свай от 3 до
4 м в 3—4 раза и от 5 до 9 м в 1,5—2,5 раза.

в. Свай квадратного сечения с круглой полостью

Типовые конструкции свай разработаны ГПИ Фун-
даментпроект. По расходу бетона и арматуры свай с
круглой полостью значительно экономичнее свай сплош-
ных квадратного сечения. Так, для свай длиной 3—8 м
расход бетона меньше на 22%, арматуры на 40—60%,
стоимость их изготовления ниже на 24%. Забивка их не
встречает затруднений и производится теми же сваебой-
ными молотами, что и свай сплошного квадратного сече-
ния. Для изготовления свай применяется бетон марки
200 и 300. Толщина стенок при бетоне марки 200 долж-
на быть не менее 60—65 мм, марки 300—40—45 мм. Кон-
струкция свай квадратного сечения с круглой полостью
представлена на рис. V-3. Основные размеры таких свай
приведены в табл. V-4. Свай выпускаются со стержневой
ненапрягаемой и с проволочной предварительно-напря-
женной арматурой.

Т а б л и ц а V-4

Основные размеры забивных железобетонных свай
квадратного сечения с круглой полостью

Сечение свай, см	Диаметр полости, мм	Длина свай, м
25×25	110	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8
30×30	160	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8
40×40	275	3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8

Примечания: 1. Свай с ненапрягаемой арматурой обозначаются СП, например, СПЗ-25 — свай полые длиной 3 м и сечением 25×25 см; свай с предварительно-напряженной арматурой обозначаются СПН, например, СПНЗ-25 — свай полые предварительно-напряженные длиной 3 м и сечением 25×25 см.

2. Свай предназначены для свайных фундаментов сельских, граждан-
ских и промышленных зданий и сооружений, возводимых в районах с сейс-
мичностью не более 6 баллов.

г. Сваи сплошного прямоугольного сечения

В фундаментах сооружений, воспринимающих значительные горизонтальные нагрузки, а также в отдельных случаях в жилищном строительстве применяются сваи сплошного прямоугольного сечения. Такие сваи удобно использовать при устройстве сборных ростверков, укладываемых непосредственно на головы забитых свай (после их выравнивания под одну отметку). Конструкция прямоугольных свай аналогична конструкции квадратных; изготавливаются они по индивидуальным заказам.

Наиболее распространенные размеры поперечного сечения 20×40 , 20×45 и 20×50 см. Длина сваи выбирается по стандарту. При забивке их необходимо следить за тем, чтобы большая сторона поперечного сечения была перпендикулярна продольной оси несущих стен. При длине сваи более 6 м рекомендуется применять предварительно-напряженную арматуру.

д. Полые круглые сваи

В зависимости от диаметра ствола полые круглые сваи подразделяются на два вида: диаметром до 800 мм — полые или трубчатые сваи, диаметром свыше 800 мм — сваи-оболочки.

Трубчатые сваи диаметром до 600 мм имеют закрытые концы, свыше 600 мм — открытые. Кольцевое сечение сваи обеспечивает высокую прочность при работе ее на изгиб. Вес такой сваи меньше, чем сваи сплошного сечения, а грузоподъемность достаточно высокая.

Трубчатые сваи изготавливаются цельными (состоящими из одного звена) и составными (из нескольких звеньев), соединяемыми между собой болтами или сваркой. Длина звена 4—8 м. Болтовой стык осуществляется преимущественно при наращивании звеньев в процессе погружения, сварной — при укрупнительной сборке в горизонтальном положении.

ГПИ Фундаментпроект разработаны типовые конструкции трубчатых свай длиной 3—40 м с интервалом через 1 м, диаметром 300—800 мм с интервалом через 100 мм. На рис. V-4 изображены общий вид одного звена трубчатой сваи и наконечники, применяемые при погружении свай с закрытым концом. В табл. V-5 дана основ-

ная характеристика трубчатых свай типовых конструкций.

Таблица V-5

Основные размеры типовых конструкций трубчатых свай по ГОСТ 17382—72

Диаметр свай, см	Толщина стенки, мм	Длина свай, м	Диаметр свай, см	Толщина стенки, мм	Длина свай, м
Цельные сваи			Секции составных свай с элементами сварного и болтового стыков		
40	80	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12			
50	80	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12	40	80	4; 6; 8; 10; 12
60	100	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12	50	80	4; 6; 8; 10; 12
			60	100	4; 6; 8; 10; 12
80	100	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12	80	100	4; 6; 8; 10; 12

Примечание. Согласно ГОСТ 17382—72, трубчатые (круглые полые) цельные сваи обозначаются: СК4-40 — свая круглая длиной 4 м, диаметром 40 см; секции составных свай — СК4-40св или СК4-50б, т. е. свая круглая длиной 4 м, диаметром 40 см с элементами сварного стыка или свая круглая длиной 4 м, диаметром 50 см с элементами болтового стыка.

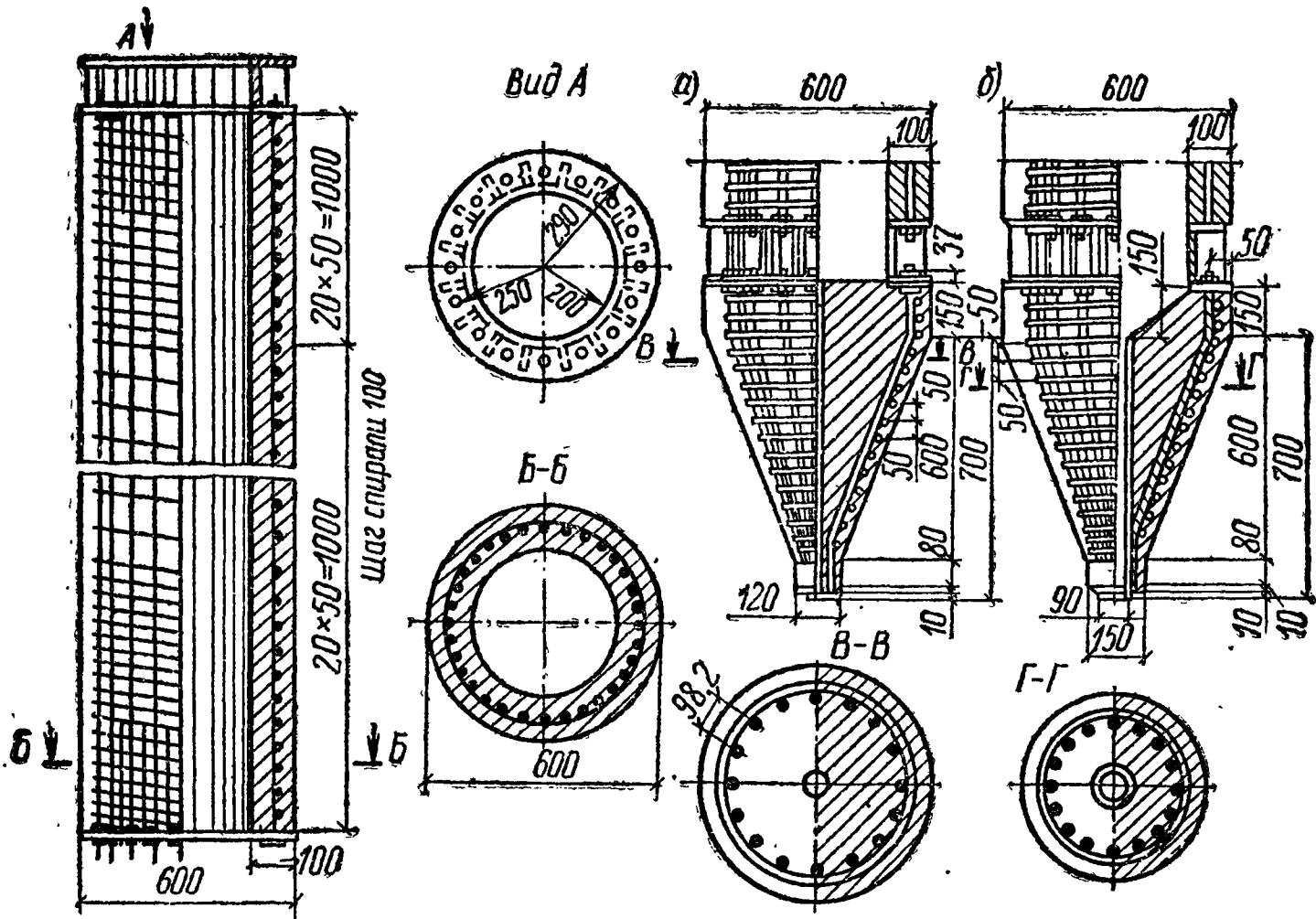


Рис. V-4. Железобетонная трубчатая свая диаметром 60 см и наконечник к ней

а — глухой; б — с отверстием для подмыва

е. Свай-оболочки

Полые железобетонные сваи диаметром свыше 80 см получили название свай-оболочек. Как правило, они изготавливаются с открытым концом. Типовые конструкции, разработанные ГПИ Фундаментпроект, включа-

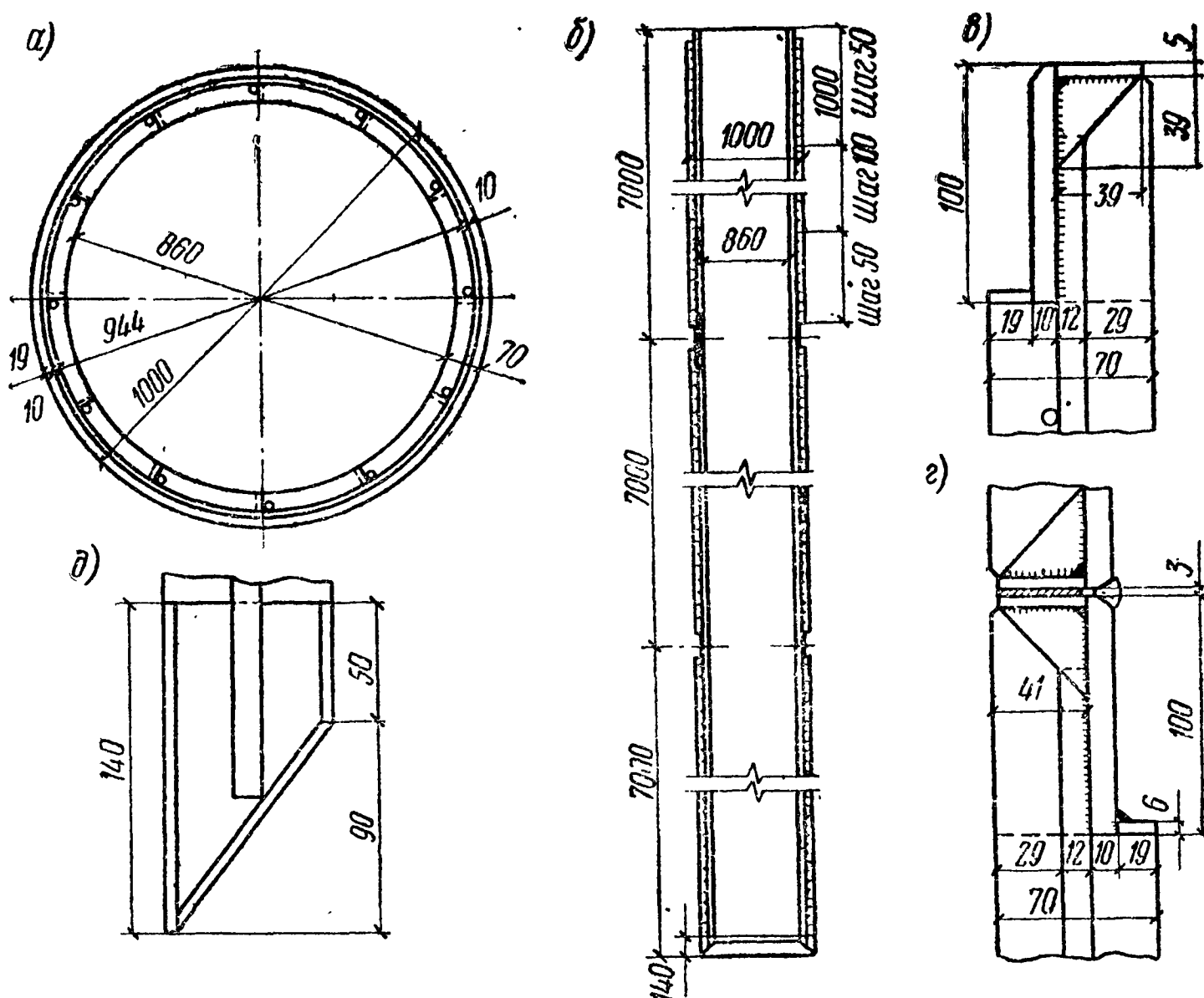


Рис. V-5. Железобетонная свая-оболочка диаметром 100 см с ненапрягаемой арматурой

а — план головного и стыкового кольца; б — общий вид свай-оболочки; в — деталь головного кольца; г — деталь стыка; д — деталь ножа

ют в себя свай-оболочки диаметром 100—300 см. Основные размеры их приведены в табл. V-6.

На рис. V-5 показана конструкция свай-оболочки диаметром 100 см без предварительно-напряженной арматуры, а на рис. V-6 — с предварительно-напряженной арматурой. В табл. V-7 приведена основная характеристика, а на рис. V-7 — конструкция унифицированных свай-

Т а б л и ц а V-6

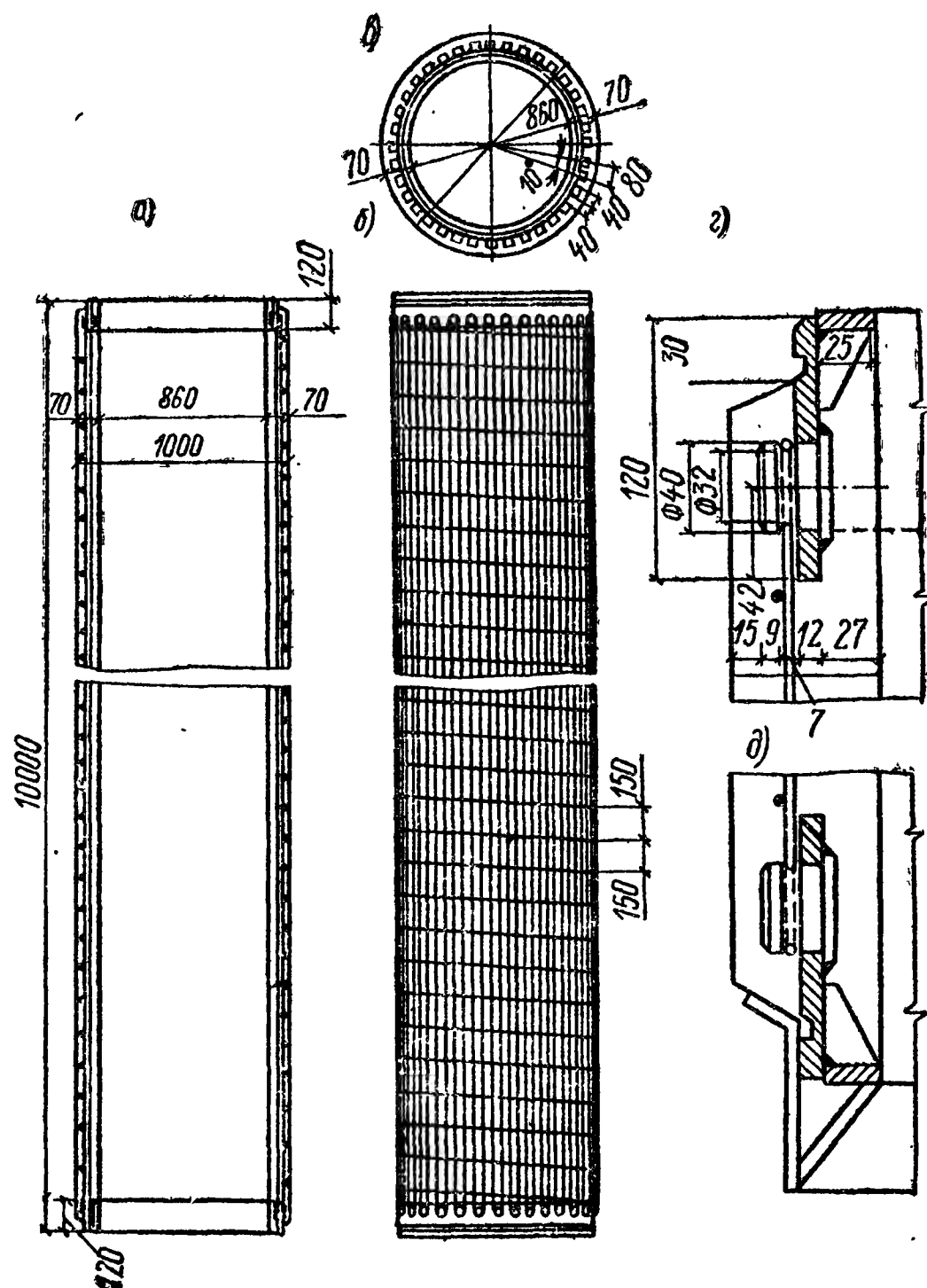
Основные размеры свай-оболочек по ГОСТ 17382—72

Диаметр, см	Толщина стенки, мм	Длина, м	Диаметр, см	Толщина стенки, мм	Длина, м
Цельные свай-оболочки			Секции составных свай-оболочек		
100	120	6; 7; 8; 9; 10; 11; 12	100	120	4; 6; 8; 10; 12
120	120	6; 7; 8; 9; 10; 11; 12	120	120	4; 6; 8; 10; 12
160	120	6; 7; 8; 9; 10; 11; 12	160	120	4; 6; 8; 10; 12
200	120	6; 7; 8	200	120	6; 8
300	120	6; 7; 8	300	120	6; 8

Примечания: 1. Согласно ГОСТ 17382—72, свай-оболочки обозначаются СО6-100, т. е. цельная свая-оболочка длиной 6 м и диаметром 100 см.
2. Составные секции свай-оболочек — СО4 100св или СО4-100б, что означает секция свай-оболочки длиной 4 м и диаметром 100 см со сварным (св) или болтовым стыком (б).

Рис. V-6. Железобетонная свая-оболочка диаметром 100 см с предварительно-напряженной арматурой

а — продольный разрез по свай-оболочке;
б — общий вид; в — план; г — деталь головного кольца;
д — деталь стыка



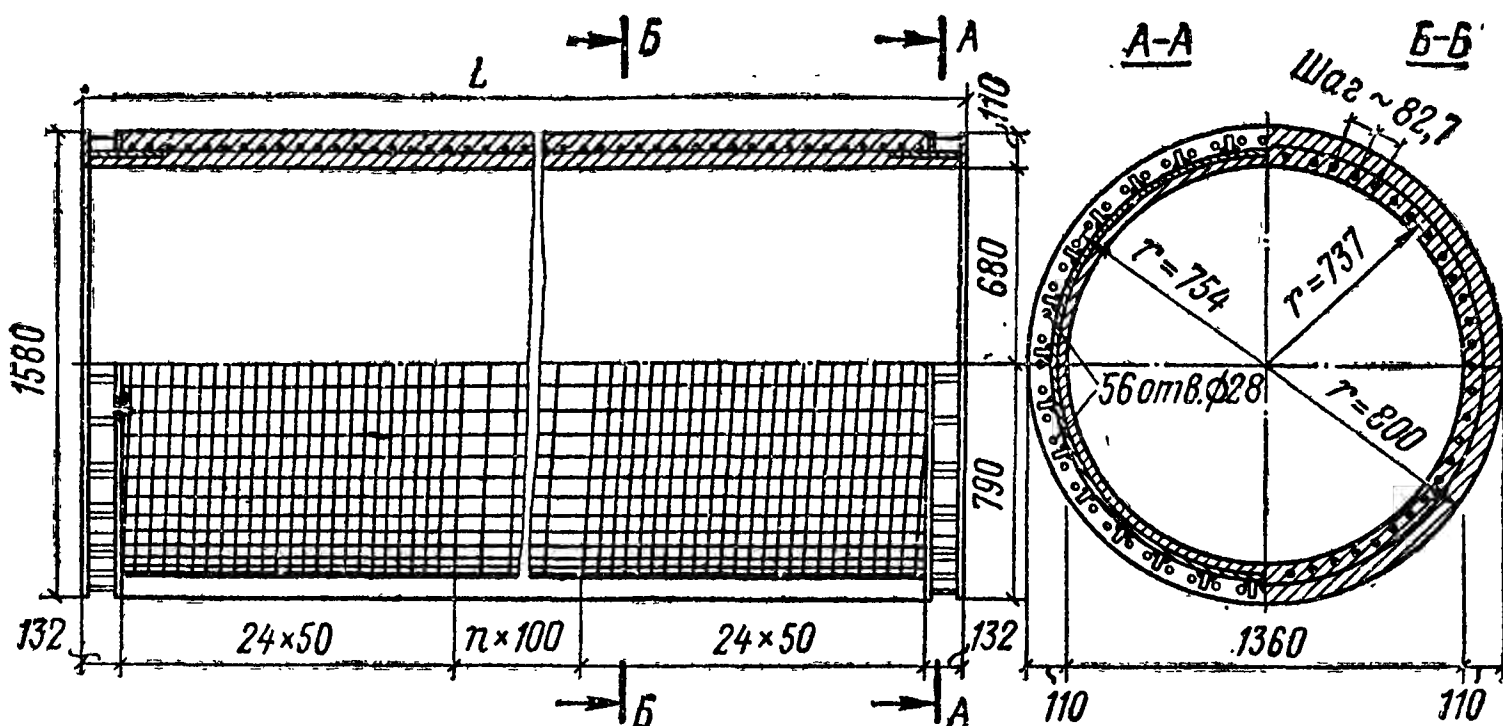


Рис. V-7. Железобетонная свая-оболочка диаметром 1600 мм с предварительно-напряженной арматурой

Таблица V-7

Основная характеристика свай-оболочек конструкции Ленгипротрансмоста

Наружный диаметр, м	Толщина стенки, мм	Длина звена, м	Объем бетона, м³ на 1 м оболочки	Вес 1 м оболочки, Н	Продольная арматура		Диаметр спиральной арматуры, мм	Марка бетона
					диаметр, мм	количество, шт.		
0,4	80	8—12	0,08	2 000	$\frac{20}{18}$	8	6	М-400
0,6	100	8—12	0,157	3 900	$\frac{20}{18}$	16	6	М-400
1	120	8—10	0,332	8 300	$\frac{20}{18}$	32	8	М-400
1,6	120	6—8	0,558	14 000	$\frac{20}{18}$	56	8	М-400
2	120	6—8	0,708	17 700	$\frac{20}{18}$	64	8	М-400
3	120	6—8	1,085	27 100	$\frac{20}{18}$	108	10	М-400

Примечания: 1. В числителе указан диаметр арматуры для оболочек из обычного железобетона, в знаменателе — для оболочек из предварительно-напряженного железобетона.
2 Шаг спиральной арматуры по всей длине секции оболочки принят равным 100 мм, а концов секции на длине 100—120 см — 50 мм.

оболочек с предварительно-напряженной арматурой по проекту Ленгипротрансмоста, применяемых в мостостроении.

В сваях-оболочках с ненапряженной арматурой устанавливается продольная арматура из стали марки Ст.5 периодического профиля, а спиральная — из гладкой круглой стали марки Ст.3; в предварительно-напряженных сваях-оболочках — продольная арматура из горячекатаной стали периодического профиля марок 25Г2С и 35ГС.

ж. Составные сваи

Обычно составные сваи сплошного квадратного сечения применяются в тех случаях, когда: а) в месте устройства фундамента залегает большая толща слабых

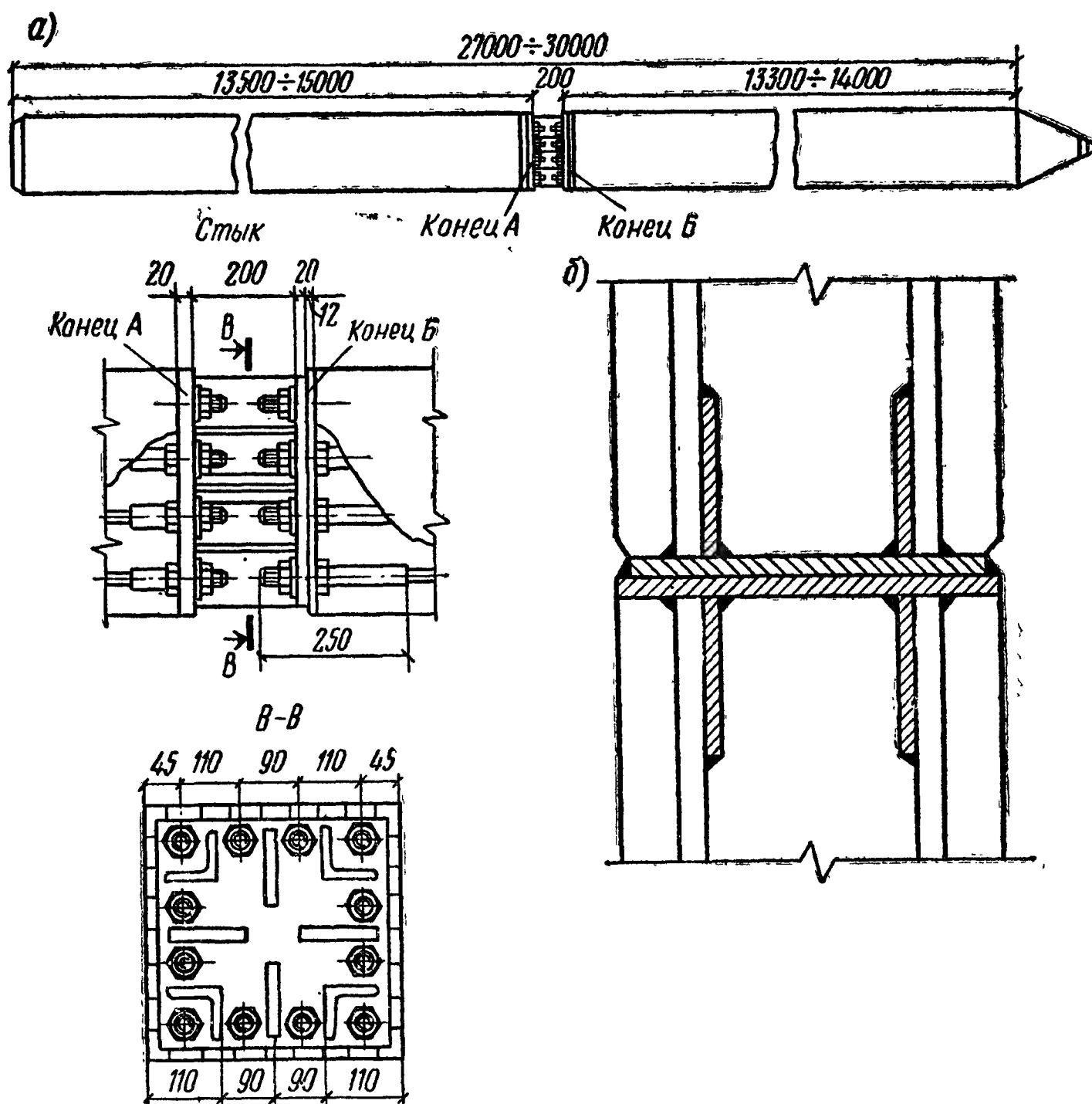


Рис. V-8. Конструкция стыков составной сваи сплошного квадратного сечения

а — на болтах; б — на сварке

илистых грунтов (25—30 м и более); б) необходимо усилить свайный фундамент под существующим зданием или сооружением, а забивка длинных свай вблизи или внутри здания неудобна или вообще невозможна; в) нельзя получить или изготовить на месте сваи нужной длины.

Звенья составных свай обычно изготавливаются длиной 5—8 м, стыкуются они с помощью болтовых фланцев, сваркой или специальных замков. Конструкция стыков составной сваи сплошного квадратного сечения показана на рис. V-8.

3. Классификация деревянных свай

Забивные деревянные сваи разделяются на цельные, изготавливаемые из одного бревна; сращенные по длине; пакетные, сплоченные из нескольких цельных или сращенных по длине бревен или брусьев; шпунтовые.

4. Конструкция свай

Цельные деревянные сваи имеют длину 4,5—12 м (редко до 18 м) и диаметр в отрубе 16—35 см. Нижний конец сваи заостряется. Длина заострения составляет 1,5—2 диаметра ствола нижней части сваи (отруба).

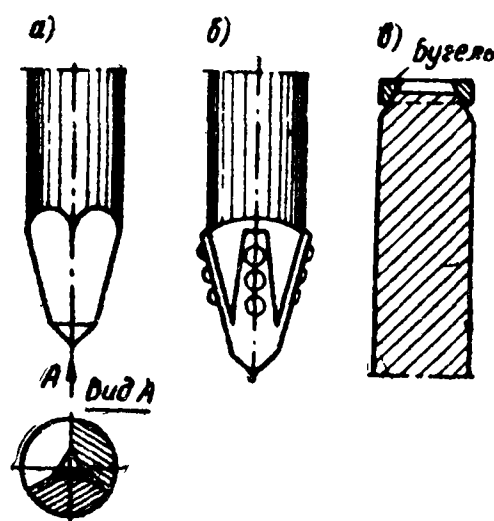


Рис. V-9. Детали деревянных свай

а — трехгранное заострение; б — стальной башмак; в — установка бугеля

При забивке в плотные грунты на заостренный конец сваи надевают стальной башмак. На верхний (комлевой) конец сваи набивают бугель, изготовленный из стальной полосы толщиной 10—15 мм и шириной 35—70 мм (рис. V-9).

Сращенные по длине сваи из двух и более бревен стыкуются между собой стяжными хомутами, а также стальными или деревянными накладками на болтах. Иногда

для этой цели используют обрезки стальных труб. На рис. V-10 представлены образцы стыков.

Пакетные деревянные сваи состоят из нескольких (обычно трех) одиночных или сращенных по длине брев-

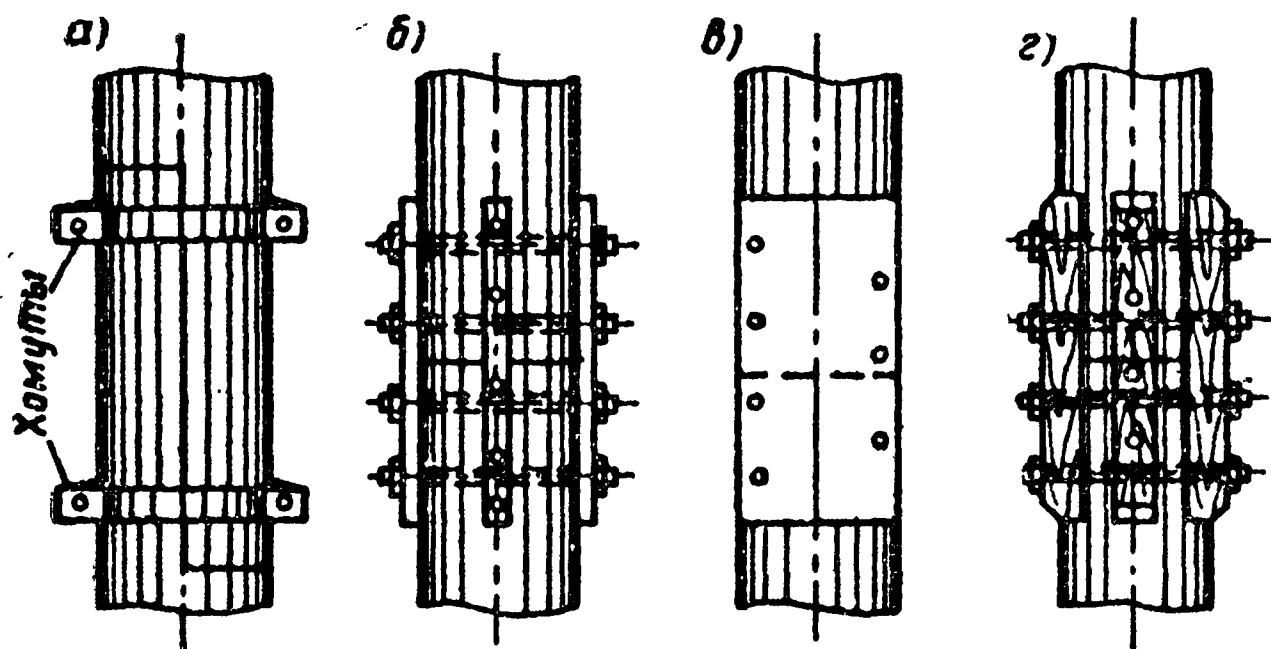


Рис. V-10. Стыки деревянных свай

а — стяжными хомутами; б — стальными накладками на болтах; в — отрезком стальной трубы; г — деревянными накладками на болтах

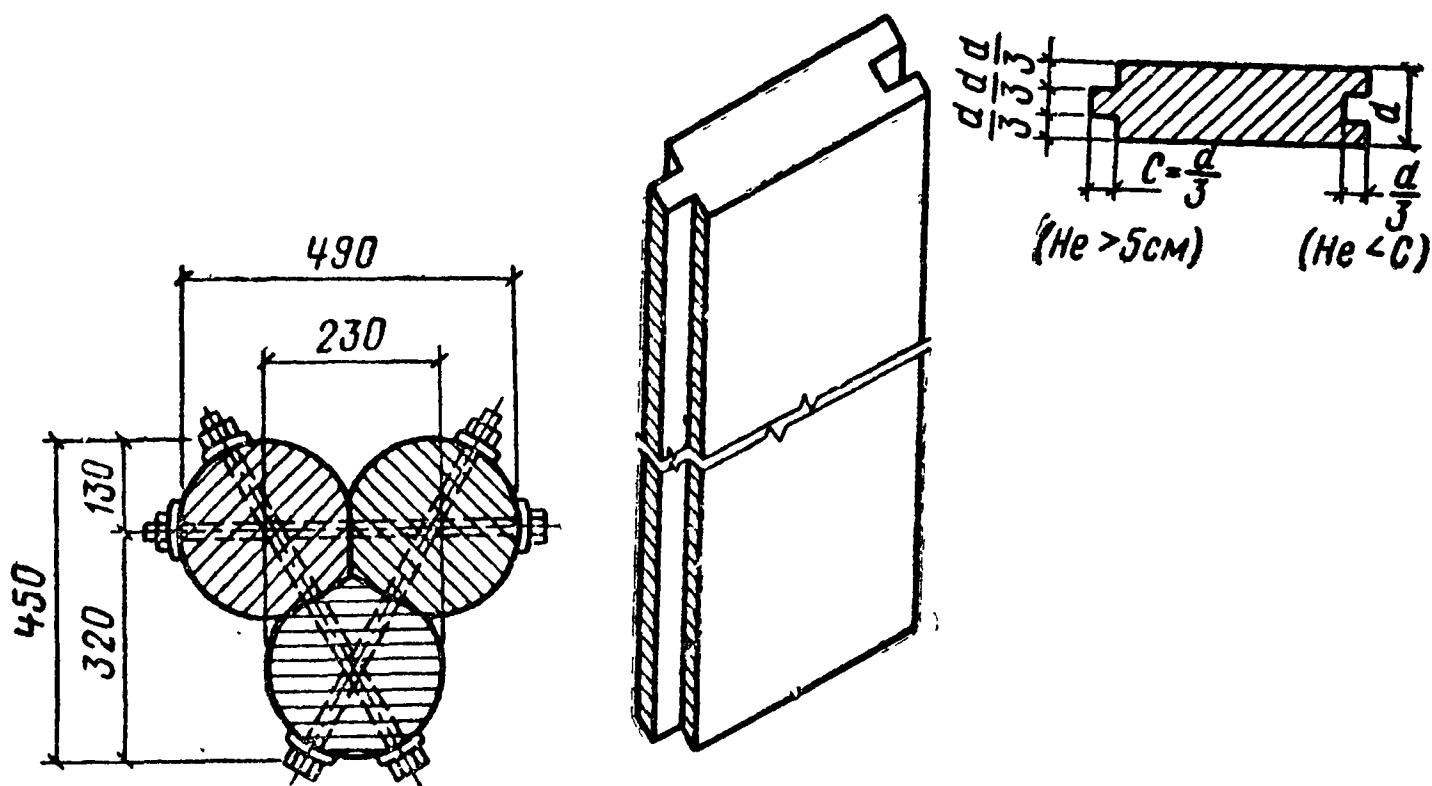


Рис. V-11. Поперечное сечение пакетной сваи

Рис. V-12. Деревянная шпунтовая свая

вен или брусьев. Стыки сращенных бревен при сплачивании их в пакет должны располагаться вразбежку. Сплачивание производится с помощью болтов (рис. V-11). Пакетные сваи изготавливаются длиной до 25 м, поперечным сечением до 60 см и более. Имеют применение и сваи,

склеенные из нескольких брусьев или досок. Однако вследствие высокой стоимости изготовления клееные сваи не получили широкого распространения.

Материалом для деревянных свай служат в основном хвойные породы леса. В виде исключения применяется дуб. Наиболее употребительный сортамент свайного леса приведен в табл. V-8.

Т а б л и ц а V-8

Сортамент свайного леса по ГОСТ 9463—60

Длина свай, м	Объем, м³ при толщине свай в верхнем отрубе (без коры), см									
	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
4,5	0,11	0,14	0,17	0,2	0,24	0,28	0,33	0,38	0,43	0,49
5	0,12	0,16	0,19	0,23	0,27	0,32	0,37	0,43	0,48	0,54
5,5	0,14	0,18	0,22	0,26	0,3	0,36	0,41	0,47	0,54	0,6
6	0,16	0,19	0,24	0,28	0,33	0,39	0,45	0,52	0,59	0,66
7	0,19	0,23	0,28	0,34	0,4	0,47	0,54	0,62	0,7	0,79
8	0,23	0,28	0,34	0,4	0,47	0,55	0,63	0,72	0,82	0,92
9	0,27	0,33	0,39	0,47	0,55	0,63	0,73	0,83	0,94	1,06
10	0,31	0,38	0,45	0,54	0,63	0,72	0,83	0,95	1,08	1,21
11	0,36	0,44	0,52	0,61	0,71	0,83	0,95	0,88	1,22	1,36
12	0,41	0,5	0,59	0,7	0,81	0,93	1,07	1,21	1,37	1,53

Деревянные шпунтовые сваи изготавливаются из брусьев. Конструкция деревянной шпунтины представлена на рис. V-12. Паз и гребень выполняются, как правило, прямоугольного сечения. Для удобства и ускорения забивки отдельные шпунтины собирают в пакеты, обычно из двух шпунтин, соединяя их между собой скобами. При забивке в плотные грунты на нижний конец пакета надевается металлический башмак.

5. Классификация стальных свай

Стальные сваи делятся на трубчатые из стандартных стальных труб; шпунтовые из стального шпунта различного сортамента. Кроме того, в качестве стальных свай используют двутавровые балки, швеллеры и другие профили торгового сортамента. Однако вследствие высокой стоимости и дефицитности металла применение стальных свай по возможности ограничивается.

6. Конструкция свай

Стальные трубчатые сваи состоят из одной или нескольких стандартных, цельнотянутых стальных труб, соединяемых между собой муфтами. Трубы диаметром до 40 см обычно погружают с закрытым концом, для чего труба снабжается наконечником. После забивки трубу, как правило, заполняют бетоном. В некоторых конструкциях полость трубы оставляют незаполненной.

Стальные шпунтовые сваи получают путем проката на металлургических заводах. В СССР прокатывается

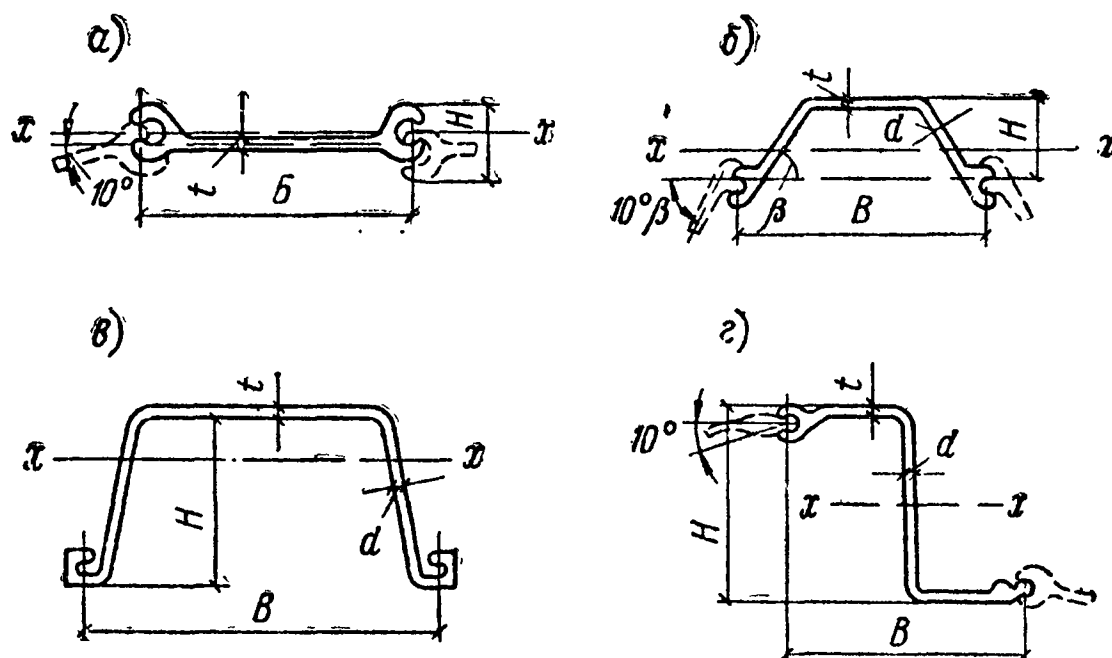


Рис. V-13. Профили металлического шпунта
а — плоский; б — корытный; в — корытный типа «Ларсен»;
г — Z-образный

Таблица V-9

Техническая характеристика стального шпунта по ГОСТ 4781—55

Профиль	Обозначение профиля	Размер профиля, мм				Площадь поперечного сечения, см ²	Вес 1 м Н
		B	H	d	t		
Плоский	ШП-1	400	103	—	10	82	626
	ШП-2	200	71	—	8	39	294
Корытный	ШК-1	400	75	10	10	64	490
	ШК-2	400	125	10	10	74	568
Z-образный	ШД-3	400	240	9	10	78	598
	ШД-5	400	320	12	14	119	911
Типа «Ларсен»	Л-IV	400	204,5	14,8	12	94,3	725
	Л-V	420	196	21	15	127,6	980

стальной шпунт нескольких профилей — плоский, корытный и Z-образный. В табл. V-9 приведена характеристика стального шпунта, а на рис. V-13—профили этого шпунта.

§ 2. МАШИНЫ, МЕХАНИЗМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ЗАБИВНЫХ СВАЙ

1. Молоты сваебойные

Существующие сваебойные молоты подразделяются по роду привода на механические или подвесные, паровоздушные, дизельные и электрические (вибромолоты). В последнее время появились и гидравлические сваебойные молоты, но промышленного применения они пока не получили.

По принципу использования энергии привода различают молоты простого и двойного действия. В молотах простого действия энергия привода (пар или сжатый воздух, газы, образующиеся при сгорании топлива, электроэнергия) необходима только для подъема ударной части, а падение ее совершается под действием собственного веса. В молотах двойного действия энергия привода идет и на движение ударной части вниз, увеличивая ее скорость и, следовательно, силу удара. К молотам простого действия относятся механические, дизельные и паровоздушные одиночного действия; к молотам двойного действия — паровоздушные двойного действия. На дизельные и паровоздушные молоты разработан ГОСТ 7888—66.

Главным определяющим параметром молотов простого действия является вес ударной части, молотов двойного действия и вибромолотов — энергия удара.

Механические или подвесные молоты являются простейшим типом сваебойных молотов. Из-за крайне низкой производительности они применяются лишь в редких случаях — при отсутствии других видов молотов или малых объемах работ. Молот представляет собой чугунную или стальную болванку, имеющую вверху петлю для сцепления с подъемным канатом и направляющие захваты для удержания и направления молота в стрелах копра. Иногда молот собирают из нескольких секций, соединяемых между собой болтами. Принцип действия молота заключается в попеременном подъеме его с по-

мощью лебедки на некоторую высоту и свободном падении на голову сваи. Частота ударов не превышает 4—12 в 1 мин. Величина хода в пределах 1,5—3 м, вес молота обычно не превышает 30 000 Н. Работа с молотом производится с копра или крана, оборудованного подвесной копровой стрелой.

В паровоздушных молотах в качестве источника энергии используется пар или сжатый воздух с давлени-

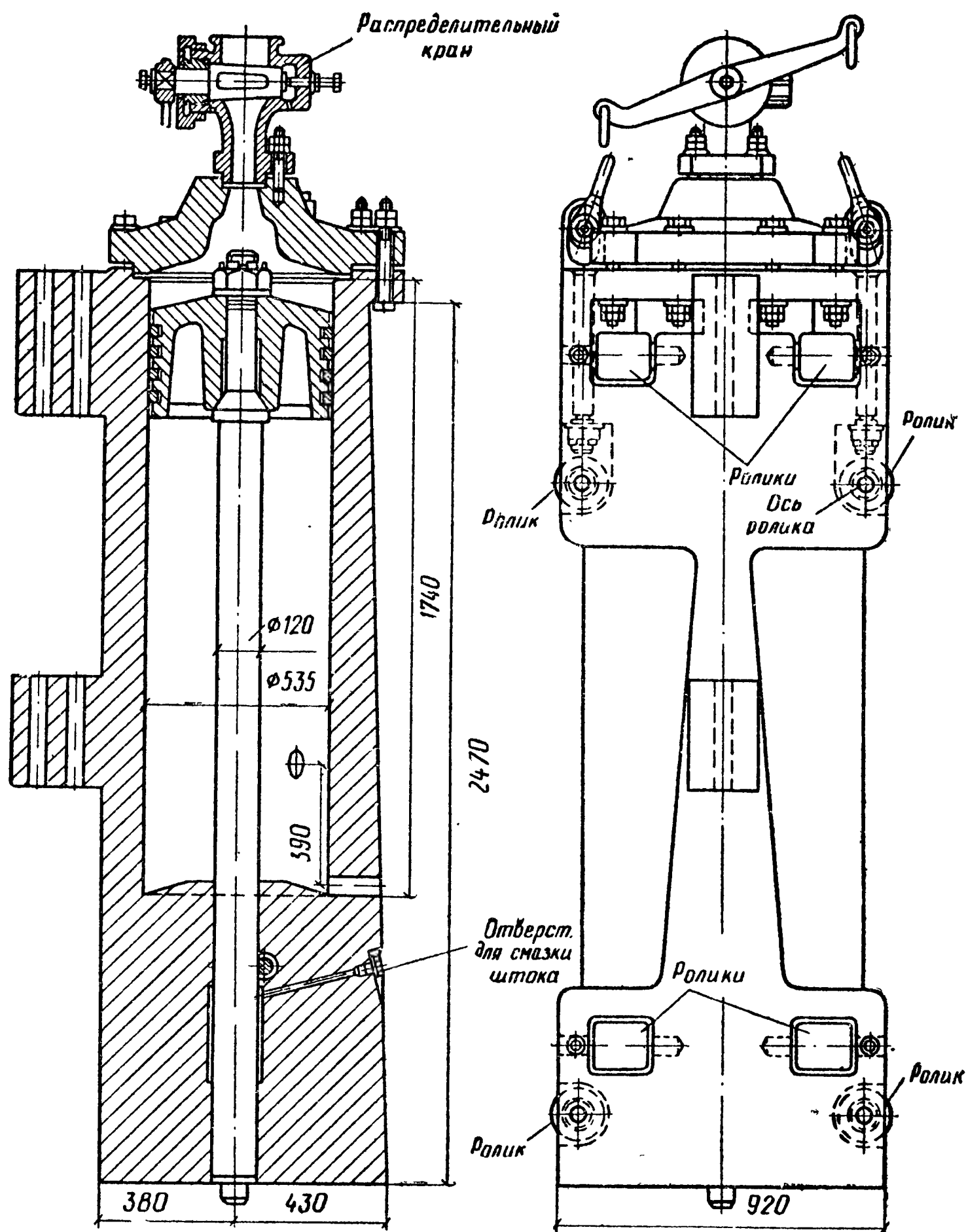


Рис. V-14. Паровоздушный молот простого действия с ручным управлением

ем 0,7—0,8 МПа. В молотах простого действия пар или сжатый воздух только поднимает на некоторую высоту (1,5—2 м) ударную часть молота, т. е. цилиндр, затем происходит выхлоп пара или воздуха и цилиндр падает под действием собственного веса, нанося удар по свае. На рис. V-14 представлены общий вид и разрез молота простого действия с ручным управлением. Частота ударов молота в минуту не превышает 30. Вес ударной части молота 30 000—80 000 Н.

Технические данные молотов простого действия с ручным управлением представлены в табл. V-10.

Молоты простого действия с ручным управлением просты по конструкции, надежны в работе, не требуют сложного ухода. Недостатком их является низкая производительность, обусловленная малой частотой ударов и тем, что при забивке свай необходим специальный человек для управления работой паро(воздухо)распределительного крана.

В молотах простого действия с полуавтоматическим управлением в отличие от молотов с ручным управлением выхлоп пара или сжатого воздуха благодаря специальному устройству происходит автоматически. Управление впуском пара (сжатого воздуха) в цилиндр молота после выхлопа и удара цилиндра по свае остается ручным. Такая конструкция позволяет несколько увеличить частоту ударов молота в 1 мин и повысить производительность забивки. Кроме того, молоты с полуавтоматическим управлением экономичнее по расходу пара (воздуха). В СССР молоты этого типа получили значительное распространение. Технические данные приведены в табл. V-11.

Паровоздушные молоты одиночного действия с автоматическим управлением в настоящее время имеются лишь в опытных экземплярах. Так, ВНИИСтройдормашем разработаны конструкции молотов с весом ударной части 60 000 и 80 000 Н, имеющие автоматическое переключение впуска и выпуска пара (сжатого воздуха) из цилиндра. Конструкции молотов с автоматическим паровоздухораспределением, разработанные по рационализаторским предложениям работников Укргидроспецфундаментстроя, Гидроспецфундаментстроя и др., не получили широкого распространения.

В большинстве конструкций у паровоздушных молотов двойного действия ударной частью является поршень.

Технические данные паровоздушных молотов простого действия с ручным управлением

Индекс по ГОСТ 888—66	Общий вес, Н	Вес ударной части, Н	Высота подъема цилиндра, см	Энергия одного удара, Дж	Число ударов в 1 мин	Энергия удара в минуту, Дж	Расход		Рабочее давление пара или сжатого воздуха, МПа	Потреб- ная по- верхность нагрева котла, м ²	Потреб- ная про- изводи- тельность компрес- сора, м ³ /мин
							пара, кг/ч	сжатого воздуха, м ³ /мин			
МПВП-3000	32 670	30 000	125	37 500	До 30	1 125 000	$\frac{550}{10}$		0,7—0,8	22	10
МПВП-4500	45 280	42 500	125	53 200	» 22	1 170 000	$\frac{600}{11}$		0,7—0,8	24	11
МПВП-6000	68 110	65 000	138	89 700	» 22	1 973 400	$\frac{1100}{16}$		0,7—0,8	44	16
МПВП-8000	86 950	80 000	137,5	110 000	» 20	2 200 000	$\frac{1220}{18}$		0,7—0,8	50	18

Технические данные молотов простого действия с полуавтоматическим управлением

Шифр модели	Общий вес, Н	Вес ударной части, Н	Высота подъема цилиндра, см	Энергия одного удара Дж	Число ударов в 1 минуту	Энергия ударов в минуту, Дж	Расход		Рабочее давление пара или воздуха, МПа	Потребная мощность нагревателя котла, М²	Потребная производительность компрессора, м³/мин
							пара, кг/ч	сжатого воздуха, м³/мин			
CCCM-07	22 950	12 500	150	18 750	30	562 500	$\frac{240}{5}$		0,7—0,8	10	5—6
CCCM-570	27 000	18 000	150	27 000	30	810 000	$\frac{545}{10}$		0,7—0,8	22	8—9
CCCM-582	43 000	30 000	130	39 000	30	1 170 000	$\frac{700}{14}$		0,7—0,8	28	14—15
C-276	41 500	30 000	130	39 000	30	1 170 000	$\frac{700}{14}$		0,7—0,8	28	14—15
CCCM-680	86 500	60 000	137	82 000	30	2 460 000	$\frac{1470}{30}$		0,7—0,8	50	28—30

Технические данные паровоздушных молотов двойного действия

Марка молотов	Энергия удара, Дж	Вес ударной ча- сти, Н	Общий вес мо- лота, Н	Число ударов в 1 мин	Ход поршня, мм	Необходимое давление воздуха (пара), МПа	Расход сжатого воздуха, м³/мин	Расход пара, кг/ч	Диаметр цилинд- ра, мм	Размеры, мм		
										Длина	Высота	Ширина
У-5	1400	950	6 250	240	210	0,5—0,6	2,8	—	110	420	1295	405
СССМ-502	3200	1800	14 320	275	220	0,6—0,7	7,8	—	248	660	1615	350
С-431	5730	3630	22 630	225	406	0,6—0,7	12,7	—	317	680	1710	450
С-231	18 000	11 300	46 500	95—112	508	0,6—0,8	17	1200	250	700	2700	610

**Технические данные дизель-молотов трубчатого типа
с водяным охлаждением**

Показатель	Марка молота				
	С-994	С-995	С-996	С-1047	С-1048
Вес ударной части, Н	6 000	12 500	18 000	25 000	35 000
Наибольшая энер- гия удара, Дж . . .	10 600	22 500	32 000	43 500	54 000— 61 000
Наибольшее усилие, передаваемое на сваю после удара от вспышки, Н	330 000	570 000	750 000	1 000 000	1 300 000
Наибольшая высо- та подъема ударной части, м	3	3	3	3	3
Частота ударов в 1 мин	43—55	43—55	43—55	43—55	43—55
Степень сжатия (номинальная) . . .	15	15	15	15	15
Расход топлива, л/ч	4	5,5	7,5	12	18
Объем топливного бака, л	12	15	20	30	40
Расстояние от вер- тикальной оси молота до направляющих копра, мм	332	370	400	520	550
Высота молота без наголовника, мм . .	3825	3955	4190	4970	5080
Вес молота с кош- кой, Н	15 000	20 000	35 000	50 000	80 000
Вес кошки, Н . . .	—	—	1000	3350	—
Осадка сваи, при которой запускается молот, мм	До 200	До 200	До 200	До 200	До 200
Габариты, мм:					
длина	420	650	700	—	890
ширина	650	725	790	—	1000
высота	3800	3928	4160	4970	5145

Корпус молота при забивке свай опирается на нее и остается неподвижным. В молотах двойного действия вес ударной части по отношению к весу молота составляет 15—25%, в то время как в молотах простого действия это соотношение составляет 65—90%. Зато частота ударов в минуту молота двойного действия во много раз больше, что достигается благодаря автоматическому паро- или воздухораспределению. Относительно малый вес ударной части и большая частота ударов молотов двойного действия определяют область их применения, отличную от области для молотов одиночного действия.

Таблица V-14

Технические данные дизель-молотов трубчатого типа с воздушным охлаждением

Показатель	Марка молота			
	С-859	С-949	С-954	С-974
Вес ударной части, Н .	18 000	25 000	35 000	50 000
Наибольшая энергия удара, Дж	32 000	43 500	61 000	90 000
Наибольшее усилие, передаваемое на сваю после удара от вспышки, Н	750 000	1 000 000	1 300 000	—
Наибольшая высота подъема ударной части, м	3	3	3	3
Частота ударов в 1 мин	43—55	43—55	43—55	43—55
Степень сжатия (номинальная)	15	15	15	15
Расход топлива, л/ч .	7,5	12	18	25
Объем топливного бака, л	20	30	40	67
Расстояние от вертикальной оси молота до направляющих копра, мм	370	400	520	600
Вес молота с кошкой, Н	35 000	50 000	80 000	101 200
Вес кошки, Н	1000	3350	—	—
Осадка свай, при которой запускается молот, мм	До 200	До 200	До 200	До 200
Габариты, мм:				
длина	700	—	890	—
ширина	790	—	1000	—
высота	4190	4970	5080	5520

Молоты двойного действия весьма эффективны при забивке элементов с малым лобовым сопротивлением, каковыми являются деревянный и стальной шпунт, балки, железобетонные трубчатые сваи с открытым концом, металлические трубы.

Большим преимуществом молотов двойного действия является их способность забивать сваи под водой. Для этого молот снабжается шлангом для выхлопа отработанного воздуха (пар в этом случае неприменим), один конец которого крепится к выхлопному отверстию молота, а другой — выводится выше уровня воды.

В табл. V-12 приведены технические данные молотов двойного действия, выпускаемых в СССР.

Дизель-молот работает по принципу двухтактного двигателя внутреннего сгорания. Источником энергии

Таблица V-15
Технические данные штанговых дизель-молотов

Показатель	Марка молота				
	С-254	С-222	С-268	С-330	С-679
Вес ударной части, Н	6000	12 000	18 000	25 000	35 000
Число ударов в 1 мин	50—60	50—60	50—60	50—60	50—60
Диаметр цилиндра, мм	200	250	290	320	360
Ход поршня, мм . . .	380	480	515	500	520
Степень сжатия . . .	28	32	26	25	20
Наибольшая высота подъема ударной части, мм	1770	1790	2100	2600	2500
Вид топлива	Дизельное				
Расход топлива, л/ч .	2,2	5	6	10	12
Размер гнезда под сваю в наголовнике (диаметр), мм	250	320	400	465	650
Наибольший вес забиваемых свай, Н	12 000	25 000	35 000	55 000	70 000
Вес молота, Н	14 000	22 000	31 000	42 000	60 000
Вес тележки, Н	680	1000	1250	—	—
Габариты, мм:					
длина	720	850	900	870	980
ширина	610	800	820	980	1100
высота	3150	3360	3820	4540	4800

служит маловязкое дизельное топливо. Выпускаются дизель-молоты двух типов — трубчатые и штанговые. Основные параметры их определяются ГОСТ 7888—66. Технические данные приведены в табл. V-13—V-15.

Вибромолоты относятся к молотам ударно-вибрационного действия, в которых вертикально направленные колебания, создаваемые вибровозбудителем и передаваемые погружаемой свае, сочетаются с периодическими ударами по ней. Известны конструкции, в которых в качестве привода вибровозбудителя используются электродвигатели и двигатели внутреннего сгорания. Однако преимущественное распространение получили вибромолоты с электроприводом. Вибромолоты применяются главным образом на забивке металлического шпунта, стальных труб и в отдельных случаях железобетонных свай в слабые грунты.

В настоящее время в основном применяются вибромолоты с электроприводом с двухвальный бестрансмиссионным вибровозбудителем (табл. V-16).

Т а б л и ц а V-16

Технические данные вибромолотов

Показатель	Марка вибромолота				
	С-835	ВМ-7У	ВМ-9	С-836	С-467М
Статический момент массы дебалансов, Н·м . . .	47,6	32,2	60,4	144	190
Частота ударов вибровозбудителя в 1 мин	1440	1440	1450	960	960
Вес вибровозбудителя, Н	7000	6700	7000	13 500	19 000
Марка и тип электродвигателя .	АОВВ2-51-4 виброудароустойчивый	АПВ-52-4	АВ-72-4	АОПВВ2-71-6 виброудароустойчивый	АОВВ2-81-6
Мощность электродвигателя, кВт	7,5	7,5	26	13	22
Мощность вибромолота, кВт . .	15	15	26	26	44
Энергия одного удара, Дж	1400/700	620	800	2700	3600

2. Вибропогружатели

На забивке стального шпунта и труб в геологоразведочном бурении, погружении замораживающих колонок при создании мерзлотных завес и свай-оболочек в мостовом, гидротехническом и других видах строительства широко используются вибропогружатели. Известны многие типы вибропогружателей, различающихся по форме и частоте возбуждаемых колебаний, конструкции и т. д.

На основе практики создания и применения вибропогружателей основные виды их могут быть классифицированы по форме возбуждаемых колебаний — на машины продольного и продольно-вращательного действия; по схеме устройства — на машины простейшего типа и с подрессоренной пригрузкой; по виду используемой энергии — на машины с электрическим и гидравлическим приводом; по назначению и области применения — на машины высокочастотные (в пределах 700—1500 кол/мин) и низкочастотные (в пределах 300—500 кол/мин).

В производстве свайных работ наибольшее распространение получили вибропогружатели высокочастотные типа ВПП с подрессоренной пригрузкой и низкочастотные типа ВП.

Наиболее известен высокочастотный вибропогружатель ВПП-2А (В-401); он предназначен для погружения стального шпунта и труб весом до 15 000 Н в водонасыщенные песчаные грунты на глубину до 12—15 м и слабые пластичные глинистые грунты на глубину до 10 м. Он используется также для извлечения шпунта и труб. Технические данные вибропогружателей типа ВПП приведены в табл. V-17.

Другие, имеющие некоторое распространение конструкции вибропогружателей типа ВПП аналогичны ВПП-2А.

Низкочастотные вибропогружатели с частотой колебаний 300—500 в 1 мин предназначены для погружения железобетонных свай, свай-оболочек и железобетонного шпунта. Низкочастотные вибропогружатели характеризуются относительно большим статическим моментом эксцентриков, большой потребляемой мощностью и значительным весом вибратора. Технические данные вибропогружателей представлены в табл. V-18. Эти вибропо-

Технические данные вибропогружателей типа ВПП

Показатель	Марка вибропогружателя				
	ВПП-1	ВПП-2А	ВПП-4	ВПП-5	ВПП-6
Возмущающая сила, Н	250 000	250 000	140 000	88 000	62 000
Статический момент дебалансов, Н·м	100	100	55	35	25
Частота колебаний в 1 мин , . . .	1500	1500	1300— 1500	1500	1200— 1500
Число дебалансных валов	4	4	2	4	4
Вес вибрирующих ча- стей, Н	7 000	7 000	4000	3500	2500
Вес основной пригруз- ки, Н	14 000	15 000	8000	8500	5000
Вес дополнительной пригрузки, Н	24 000	—	8000	—	—
Общий вес вибропогру- жателя с основной при- грузкой, Н	21 000	22 000	12 000	12 000	7500
Общий вес с дополни- тельной пригрузкой, Н .	45 000	—	20 000	—	—
Мощность электродви- гателя, кВт	30	40	28	16	11

гружатели выпускаются в СССР двух основных типов ВП и ВУ.

3. Свайные копры, навесное и сменное копровое оборудование

Конструкция свайного копра и копрового оборудования должна обеспечивать навеску на него свайного молота или вибропогружателя, подтягивание, подъем и установку сваи под свайный молот или вибропогружатель, направление движения молота или вибропогружателя и сваи при ее забивке, перемещение копра или копрового оборудования по свайному полю.

Согласно ГОСТ 7889—66, свайные копры и копровое оборудование подразделяются на: а) копры на рельсо-

Таблица V-18
Технические данные низкочастотных вибропогружателей

Показатель	Марка вибропогружателя						
	ВП-1	ВП-3М	НВП-56	ВП-80	ВУ-1,6	ВП-170М	ВУ-3
Возмущающая сила, Н	185 000	440 000	485 000	550 000— 660 000— 910 000	958 000	940 000— 1 250 000— 1 700 000	2 800 000— 3 400 000
Статический момент дебалансов, Н·м . . .	930	2 630	5 000	2750	3100	5000	9 940
Частота колебаний в 1 мин . . . , . .	420	408	300	408 } 460 545 }	498	408—475— 550	500—550
Мощность установленных электродвигателей, кВт	60	100	2×80	100	2×75	200	2×200
Вес вибропогружателя, Н	42 000	72 000	110 000	91 000	110 000	159 000	276 000
Размер центрального отверстия, мм	—	—	800×1100	—	Ø1400	—	Ø2740
Габариты, мм:							
длина	1300	1555	2220	2100	3350	—	5150
ширина	860	1413	2500	2100	2618	—	4420
высота	1650	2103	2080	2200	1910	—	2480
Тип наголовника . . .	АСН	АСН	Фланцевый	АСН	Фланцевый	—	Фланцевый

вом ходу; б) копры безрельсовые и в) навесное или сменное копровое оборудование, укрепляемое на самоходных машинах. В свою очередь каждая из подгрупп копров или копрового оборудования делится на три исполнения: копры универсальные с поворотной платформой, движущимся шасси и рабочим наклоном мачты — для забивки вертикальных и наклонных свай; копры без поворотной платформы для забивки вертикальных и наклонных свай; копры без рабочего наклона мачты для забивки вертикальных свай. Стандарт не распространяется на плавучие копры и копровые агрегаты мостового типа.

Технические данные перечисленных выше механизированных и универсальных копров приведены в табл. V-19.

Копровое оборудование, навешиваемое на самоходные машины (тракторы, экскаваторы, краны, автомашины), широко применяется при производстве свайных работ. К преимуществам навесного и сменного копрового оборудования относятся: невысокая стоимость и несложность изготовления; упрощенная технология забивки (результат исключения из производственного цикла устройства рельсовых путей под копры); большая, чем у рельсовых копров, маневренность копрового агрегата с навесным копровым оборудованием; полная автономность копрового агрегата, так как все вспомогательные операции выполняются механизмами, имеющими привод от двигателя внутреннего сгорания базовой машины (трактора, экскаватора и др.). Технические данные сменного и навесного копрового оборудования сведены в табл. V-20 [39].

§ 3. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ЗАБИВНЫХ СВАЙ

1. Проект производства работ

Основным документом, определяющим организацию и технологию свайных работ на объекте, является проект производства работ (ППР).

В состав ППР обычно входят следующие документы:

- а) календарный план производства работ;
- б) стройгенплан объекта с нанесением на нем границ и отметок дна котлована (если таковой имеется в проекте), осей свайных рядов, путей движения копров, по-

Технические данные копров на рельсовом ходу

Показатель	Марка копра										
	Простые и механизированные копры							Универсальные копры			
	КП-8	КП-12	С-429	С-1006	С-582	КП-20М	С-955	С-908	КУ-20	СП-56	СП-55
Полезная высота мач- ты (максимальная длина погружаемой сваи), м	8	12	13	12	17,5	20	12	16	20	20	25
Полная высота копра, м	15	19,5	18	18	23,4	28	18,3	23	28,2	28,2	36,2
Грузоподъемность, т	7,5	8,5	7,5	10	9	21	8,5	12	20	20	30
Рабочие наклоны мач- ты:											
назад	—	—	—	1:3	1:3	—	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3
вперед	—	—	—	1:6	1:8	—	1:3	1:6	1:10	1:8	1:8
Установочные накло- ны:											
вправо—влево, град.	—	—	—	До 1,5	—	—	До 1,5	До 1,5	—	До 1,5	До 1,5

Угол поворота платформы, град	—	—	—	—	—	—	—	360	360	360
Изменение вылета мачты, м	—	—	1,2	1	—	1,2	1,2	1,2	1,35	1,35
Удлинение направляющих ниже головки рельсов, м	—	—	4	—	—	3,5	4	4	4	4
Ширина колеи, м	3,4	3,4	5,5	5,5	5,5	4	4	5,5	6	6
Вес копра без противовеса и молота, Н	136 000	221 000	47 500	110 000	77 300	325 000	208 000	369 000	490 000	525 000
Вес противовеса, Н	40 000	43 000	—	140 000	—	151 000	210 000	210 000	117 400	312 000
Максимальный вес молота, Н	35 000	45 000	31 000	60 000	42 000	85 000	45 000	60 000	85 000	120 000
Максимальный вес погружаемой сваи, Н	35 000	40 000	40 000	40 000	45 000	80 000	40 000	50 000	80 000	80 000
Полная установленная мощность электродвигателя, кВт	28,4	49,2	10	31,5	10	78,2	26,8	46	92,2	66
										89

Таблица V-20
Технические данные навесного и сменного копрового оборудования на тракторах и экскаваторах

Показатель	На тракторах				На экскаваторах		
	С-870	С-878К	СП-49	КО-16	не механизированные		механизированные
					Э-652	Э-1004, Э-1252	
Полезная высота копра (максимальная длина погружаемой сваи), м .	8,5	8,5	12	16	10	14	12
Полная высота копра, м	13	13	19	23	14,7	21	19
Грузоподъемность, т .	5,4	7	7	15	10	15	11
Рабочие наклоны мачты:							
назад	1:3	1:3	1:3	1:3	—	—	1:3
вперед	1:10	1:4	1:4	1:4	—	—	1:8
Установочные вправо—влево	1:10	1:8	1:8	1:8	—	—	1:10

Угол поворота мачты вокруг оси копра, град .	—	—	—	360	360	360	360	360
Изменение вылета мач- ты максимальное, м . . .	—	0,7	0,7	360	360	1	0,5	1,05
Ширина направляющих для молота, мм	360	360	360	360	360	360	360	360
Базовая машина . . .	Трактор Т-100	Трактор Т-100М	Болотный трактор Т-100	Трактор Т-160	Экскава- тор Э-652	Экскава- тор Э-1004 или Э-1252	Экскава- тор Э-652А	Экскаватор ЭО-5111АС
Вес копрового оборуду- дования без молота, Н .	45 000	58 000	93 000	—	35 000	65 000	38 000	80 000
Полный вес агрегата, Н	190 000	203 000	264 000	—	260 000	400 000	270 000	442 000
Удельное давление на грунт, МПа	0,06	0,065	0,06	—	0,08	0,085	0,087	0,08

стоянных и временных автодорог, мест складирования свай, сетей электроснабжения и водоснабжения, расположения осветительных точек (прожекторов), бытовых и производственных помещений, компрессорных станций (при работе молотов на сжатом воздухе), остающихся и подлежащих сносу сооружений. Кроме того, стройгенплан содержит спецификацию основного свайного и вспомогательного оборудования и устройств;

в) технологические карты на сложные для выполнения работы, а также работы, осуществляемые новыми методами. Если работы носят общепринятый стандартный характер, используются типовые технологические карты, составленные производственной организацией применительно к имеющемуся оборудованию и установившейся практике работ;

г) рабочие чертежи временных зданий и сооружений, подлежащих постройке на объекте (только при отсутствии типовых решений);

д) специальные решения по технике безопасности, требующие проектной разработки;

е) краткая пояснительная записка, содержащая расчет потребности в свайных агрегатах и вспомогательном оборудовании, а также необходимые указания по производству работ и технико-экономические обоснования принятых в ППР решений по производительности забивки свай, уровню механизации и др.

При разработке ППР рекомендуется учитывать следующие основные требования, обеспечивающие повышение производительности труда и снижение себестоимости забивки свай:

места складирования свай должны располагаться возможно ближе к путям движения копров с тем, чтобы захват и подъем свай могли осуществляться самим копром без помощи крана;

перемещение копров должно быть по возможности прямолинейным с минимальным количеством поворотов. Особенно это важно для копров на рельсовом ходу;

транспортные средства внутри стройплощадки должны двигаться по кольцевой схеме, желательно с отдельными въездом и выездом;

пути движения копров должны тщательно планироваться. При слабом грунте и заболоченности необходимо производить подсыпку путей песком или гравием;

при значительном (на 1 м и более) сезонном промер-

зании грунта целесообразно перед забивкой свай пробуривать лидерные скважины на глубину промерзания.

Для правильного выбора сваебойного молота необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

а) вес ударной части молота одиночного действия, в том числе дизель-молота, должен быть не менее 1,5 веса сваи при длине ее до 12 м и при забивке в плотные грунты, а при забивке той же длины сваи в грунты средней плотности — не менее 1,25 веса сваи, включая во всех случаях в вес сваи вес наголовника; при длине сваи 12 и более — не менее веса сваи (или сваи-оболочки);

б) при погружении свай в легкие грунты с применением подмыва или других способов, облегчающих погружение, вес ударной части может быть уменьшен на 25—30% по сравнению с указанным в п. «а».

Более точно можно подобрать молот по необходимой номинальной энергии одного удара и коэффициенту применимости молотов. Необходимая номинальная энергия удара E_n принимается равной:

$$E_n \geq 25P, \quad (V.1)$$

где P — расчетная нагрузка на сваю, Н.

По полученному значению E_n подбирают молот, а затем его проверяют по коэффициенту применимости молота K , который определяется из отношения весов молота и сваи к энергии удара, т. е.

$$K = \frac{Q + q}{E_n}, \quad (V.2)$$

где Q — общий вес молота, Н;

q — вес сваи (включая вес наголовника и подбабка), Н.

Если величина коэффициента K не превышает значений, указанных в табл. V-21, то молот пригоден.

Окончательную проверку выбранного молота выполняют при забивке пробных свай. При недостаточном весе ударной части молота будет иметь место недобив сваи до заданной отметки или разрушение головы сваи. В этих случаях необходимо сменить молот на более тяжелый.

При забивке наклонных свай энергия молота снижается. Величина снижения зависит от наклона сваи. Ниже приводятся значения коэффициента снижения энергии удара.

Наклон сваи	.	.	.	.	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1
Коэффициент	.	.	.	.	1,1	1,15	1,25	1,4	1,7

Значения коэффициента применимости молота

Тип молота	Материал свай		
	дерево	сталь	железобетон
Паровоздушные двойного действия и трубчатые дизель-молоты	5	5,5	6
Паровоздушные одиночного действия и штанговые дизель-молоты	3,5	4	5
Подвесные (механические)	2	2,5	3

Подбор параметров вибропогружателя может быть выполнен по методике, предложенной О. А. Савиновым и А. Я. Лускиным [35].

2. Подготовительные работы

К подготовительным работам относятся:

ограждение территории строительства;
снос существующих (подлежащих сносу) сооружений с очисткой территории от ненужных материалов, мусора и т. д.;

геодезическая разбивка основных осей сооружения;
устройство временных дорог с гравийным или другим покрытием из местных материалов;

перенос или защита коммуникаций и сооружений попадающих в зону работы копров, отвод поверхностных вод и устройство ливнестоков;

разработка котлована (если таковой имеется в проекте) и планировка площадки;

подсыпка дна котлована шлаком, гравием или песком;

монтаж временных силовых и электроосветительных линий и временного водопровода;

оформление площадки предупреждающими и указательными знаками;

сооружение служебных, складских и бытовых помещений (комнат для обогрева, приема пищи, санузлов);

устройство площадок для хранения свай;

доставка и складирование свай на отведенные и оборудованные площадки;

доставка на объект свайного и вспомогательного оборудования и материалов и размещение их на заранее отведенных участках и складах;

монтаж копров и другого оборудования;

укладка рельсовых путей (для рельсовых копров) или устройство дорог для безрельсовых копров.

Краткие указания по выполнению некоторых важнейших видов подготовительных работ даны ниже.

а. Геодезическая разбивка и закрепление осей свайных фундаментов на местности

В первую очередь выполняются разбивка и закрепление на местности главных осей сооружений — продольной и поперечной. Оси закрепляются створными знаками, заделываемыми в бетон или грунт в местах, где исключены какие-либо перемещения грунта (осадка, сдвиг, обвал). В качестве створных знаков могут использоваться деревянные или бетонные столбики, куски рельс, трубы и т. п. Главные оси должны быть привязаны к базисной линии. В процессе производства работ главные оси должны периодически проверяться с помощью геодезических приборов.

Разбивка осей свайных фундаментов выполняется от базисной линии. За основные линии разбивки принимаются главные оси сооружений. Оси свайных рядов закрепляются створными знаками или выносятся на обноску. Разбивка рядов свай при забивке их с подмостей производится с закреплением осей на подмостях. При забивке свай на местности, покрытой водой, оси закрепляются установкой створных знаков на берегу или на воде при помощи специальных каркасов или биев. Отклонение разбивочных осей свайных фундаментов от проектных не должно превышать 1 см на каждые 100 м ряда.

После разбивки свайных рядов выполняется разбивка вертикальных отметок головок свай, низа ростверка и др. Для фиксации вертикальных отметок вблизи сооружения закладывается постоянный репер. Место установки репера должно быть надежно защищено от каких-либо смещений или повреждений. Репер необходимо привязать к знакам государственной нивелировки прецизи-

онным нивелиром. Абсолютная отметка проставляется на репере несмываемой краской.

б. Доставка и складирование свай

Подъем свай разрешается за специально предназначенные для этого скобы и штыри, заделанные в бетоне свай, и только при вертикальном положении грузоподъемного полиспаста. Свай длиной более 6 м следует разгружать с помощью траверсы. Запрещается кантовать свай, перемещать их волоком и сбрасывать с высоты. При погрузке на автомашины или в вагоны свай должны укладываться на подкладки, размещенные строго под подъемными петлями, и перевозиться с соблюдением установленных автотранспортных и железнодорожных габаритов. Свай должны укладываться в штабеля по маркам в горизонтальное положение правильными рядами, не более четырех рядов по высоте, головами к копру, причем высота штабеля не должна превышать $\frac{2}{3}$ его ширины и быть не более 2 м. Трубчатые свай разрешается укладывать не более чем в два яруса по высоте. Свай в штабеле должны опираться на подкладки, которые обеспечивают свободную строповку свай при ее подъеме из штабеля и сохранность петель на свае. Высота прокладки должна быть не менее чем на 2 см больше высоты петли. Ширина прокладки не менее 7—10 см.

При значительных объемах свайных работ на объекте создаются два вида складов свай — базисный и расходный. На первом — складировются свай в количестве, обеспечивающем бесперебойную работу копров на время, в течение которого возможен перерыв в подвозе свай с заводов ЖБИ или других поставщиков. Расходные склады размещаются на пути движения копров и периодически пополняются сваями с базисного склада. Между базисным и расходными складами должны быть заранее подготовлены пути для движения автомашин, перевозящих свай.

3. Забивка свай молотами

Перед началом забивки все механизмы копра, а также молот должны быть тщательно проверены и при необходимости испытаны. Согласно требованиям СНиП III-Б.6-62, до начала забивки производятся проверка технической документации на подлежащие забивке свай,

правильности маркировки, нанесенной на сваях, и разметка по длине свай, а в случае применения составных свай — полная или частичная сборка секций (порядок сборки определяется ППР).

Порядок выполнения и содержания рабочих операций при забивке:

а) передвижение копра на железнодорожном ходу на место забивки очередной сваи происходит по предварительно уложенным и отрихтованным звеньям рельсового пути, безрельсового копра — по спланированному и утрамбованному грунту на пути движения. В случае необходимости производится подсыпка путей песком, гравием, щебнем или шлаком с последующим трамбованием.

Несамоходные копры передвигаются при помощи копровой лебедки, канат от которой зачаливается за неподвижный анкер. При передвижении копра молот должен быть опущен в нижнее положение (примерно на уровень нижней рамы копра);

б) подтягивание свай к копру осуществляется через отводной блок, расположенный на нижней раме копра. По существующим правилам сваю разрешается подтягивать с расстояния не более 5 м и только перпендикулярно оси движения копра. Для подтягивания используется второй (свайный) барабан копровой лебедки, а иногда для этой цели применяется отдельная лебедка;

в) подъем и установка свай в стрелах копра осуществляются так: сначала молот поднимают в крайнее верхнее положение и барабан лебедки ставят на тормоз, затем поднимают сваю вторым (свайным) барабаном лебедки и после того, как она займет вертикальное положение, наводят нижний конец ее на точку забивки, обозначенную обычно колышком, вбитым в землю. Один или двое рабочих, стоя внизу, при помощи ломов разворачивают сваю, пока ее голова не станет под наголовником молота. Затем молот вместе с наголовником опускают на сваю. В последних конструкциях копров (С-860, С-870 и др.) предусмотрены специальные механизмы, устанавливающие сваю под наголовник. После установки молота на сваю по команде закоперщика начинается собственно забивка;

г) сваи забиваются до заданной проектной отметки или до получения проектного «отказа» свай. Первые удары по свае производятся при небольшой высоте подъема ударной части молота. После того как свая заглу-

бится в грунт на 1—1,5 м, переходят на максимальную для данного молота высоту подъема ударной части. При забивке свай необходимо наблюдать за тем, чтобы:

не происходило смещения оси свай от проектного положения;

молот наносил удары по центру свай;

голова свай не разрушалась. При первых признаках разрушения забивка должна быть остановлена до выяснения причин разрушения и до принятия решения о возможности продолжать забивку;

наголовник был исправен, а амортизирующие прокладки в нем своевременно заменялись;

молот, копер и вспомогательное оборудование работало исправно.

Согласно СНиП III-Б.6-62, при забивке свай должны выполняться следующие измерения:

при забивке молотами одиночного действия в начале забивки — число ударов на каждый метр погружения и средняя высота падения ударной части молота. В конце забивки — отказ свай от залогов по 10 ударов в каждом залоге. Число залогов не менее 3 (измерение отказа производится после каждого залога);

при забивке молотами двойного действия, в начале забивки — время работы молота, расходуемое на каждый метр погружения и частота ударов молота в 1 мин; в конце забивки — величина погружения свай за 1 мин, частота ударов, давление пара или воздуха. Точность измерения отказа до 1 мм.

При измерении отказа необходимо следить за тем, чтобы ударная часть молота одиночного действия поднималась на полную высоту; для молотов двойного действия — поддерживалось нормальное, согласно паспортным данным, давление пара или воздуха; голова свай не имела значительных разрушений, а наголовник находился в исправном состоянии. Свая, не давшая при забивке расчетного отказа, должна быть добита после «отдыха» в грунте в соответствии с ГОСТ 5686—51. Если контрольная добивка показывает превышение проектного отказа, то необходимо поставить проектную организацию об этом в известность для принятия решения.

При забивке свай следует обязательно вести журнал забивки каждой свай и сводную ведомость забитых свай, кроме того, составлять акты динамического испытания свай по установленным формам.

4. Погружение свай вибропогружателями

В некоторых случаях целесообразно вместо молотов ударного действия для забивки железобетонных и деревянных свай применять вибропогружатели, т. е. при возведении свайных фундаментов в водонасыщенных песках малой плотности (плывунах), залегающих на значительную глубину и при сооружении фундаментов из трубчатых свай с открытым концом погружаемых в слабые грунты.

Тонкостенные свай-оболочки погружаются преимущественно вибропогружателями в различные по плотности грунты, вплоть до тяжелых. Погружение стального шпунта, балок, стальных труб и т. п. вибропогружателями почти во всех грунтах более эффективно, чем забивка молотами.

Ориентировочная область применения вибропогружателей в зависимости от размеров сечения погружаемого элемента, его веса, глубины погружения и характеристики грунтов приведена в табл. V-22.

Обязательным условием вибропогружения свай является жесткое крепление вибропогружателя к свае, для чего применяются специально приспособленные для этого наголовники.

Контроль за погружением свай ведется измерением скорости погружения и амплитуды колебаний погружаемой сваи. При резком снижении скорости или значительном увеличении амплитуды колебаний дальнейшее погружение должно быть прекращено для выяснения причин. При погружении свай ведется журнал вибропогружения.

5. Погружение стального шпунта

В настоящее время погружение стального шпунта производится главным образом вибропогружателями типа ВПП-2А. В комплект оборудования, приспособлений и инструмента для погружения входят вибропогружатель, грузоподъемный кран; кабель и магнитный пускатель, такелаж — стропы с захватами для подъема шпунта, стропы для подвески вибропогружателя на крюк крана и запас пенькового каната для расчалок, легкие переносные лестницы, шаблоны для проверки

Т а б л и ц а V-22

Область применения вибропогружателей

Тип погру- жаемых свай	Сечения по- гружаемого элемента	Наибольшая длина, м	Наибольший вес, Н	Глубина по- гружения, м	Грунт	Рекомендуе- мые марки машин
Стальные двутавры и шпунт	Шпунт ШП, ШК Ларсен IV Двутавр № 40 Шпунт ЩД	10	7000	9	Легкий Средний Тяже- лый	ВПП-2А ВПП-2А, ВП-1 ВП-1
	Ларсен V, двутавр № 60	18	18 000	16	Легкий Средний Тяже- лый	ВПП-2А ВП-1, ВПП-2А ВП-1
Деревян- ные сваи и шпунт	Ø16—24	13	7 000	8	Легкий Средний Тяже- лый	ВПП-4 ВПП-2А ВП-1
	Ø26—30	18	10 000	12	Легкий Средний и тяже- лый	ВПП-2А ВП-1
Железо- бетонные сваи и шпунт	20×20 и 25×25	7	11 000	5	Легкий и сред- ний Тяже- лый	ВП-1 ВП-1
	30×30 и 35×35	16	50 000	12	Легкий и сред- ний Тяже- лый	ВП-1, ВП-3М ВП-3М, ВП-80

Тип погру- жаемых свай	Сечения по- гружаемого элемента	Наибольшая длина, м	Наибольший вес, Н	Глубина по- гружения, м	Грунт	Рекомендуе- мые марки машин
Железо- бетонные сваи и шпунт.	40×40 и 45×45	25	120 000	24	Легкий и сред- ний Тяже- лый	ВП-3М, ВП-80 ВП-160, ВП-3М
Железо- бетонные сваи-обо- лочки	Ø80—120	25	230 000	15	Легкий и сред- ний	ВП-3М, ВУ-1,6
	Ø160	30	400 000	25		ВУ-1,6, ВП-160
	Ø200— 300	40	500 000	30		ВУ-3, ВП-160× ×2

замков шпунта, набор инструментов для ухода за механизмами.

Грузоподъемность крана должна быть не менее удвоенного суммарного веса вибропогружателя и погружаемой шпунтины, а высота подъема крюка и вылет крюка должны допускать возможность подъема вибропогружателя со шпунтовой сваей и заводку последней в замок ранее погруженной шпунтины. При отсутствии кранов можно использовать свайные копры.

Перед погружением шпунт осматривается и очищаются замки его от грязи, грунта, проверяется прямолинейность замков шпунта протаскиванием по ним шаблона длиной не менее 2 м, обрубаются заусенцы и напльвы на торцах шпунтин и замках, размечается по шаблону и вырезается отверстие в голове шпунтин для скрепления с наголовником вибропогружателя, шпунт покрывается противокоррозионным составом (в случаях, предусмотренных проектом) и размечается краской на метры.

Для повышения производительности и обеспечения

необходимой точности шпунт погружают в направляющих устройствах различной конструкции. Для прямолинейной забивки шпунта (шпунтовые ряды) используются одно- или двухъярусные направляющие, для криволинейной в плане применяют направляющие шаблоны, стационарные или плавучие, закрепляемые на предварительно погруженных шпунтинах, металлических балках или трубах. Форма шаблона определяется проектным очертанием шпунтового ряда.

При образовании шпунтового ряда необходимо соблюдать вертикальность погружения каждой шпунтины в плоскости створа и в плане шпунтового ряда. Вертикальность погружаемых шпунтин соблюдать значительно легче, если производить предварительный набор стенки, т. е. шпунтины устанавливать в замок друг другу до погружения. После набора стенки осуществляют погружение в 2—3 приема в зависимости от глубины погружения и высоты стенки. Если наклон в плоскости створа все же получился, его выправляют погружением специально изготовленной клиновидной шпунтины. Наклон клина не должен превышать 1—2%. Количество клиновидных шпунтин не должно быть более 2% общего их числа.

Процесс погружения шпунта состоит из следующих основных операций: жесткого крепления вибропогружателя на шпунтине при помощи клинового наголовника, подъема вибропогружателя со шпунтиной и переноски их к месту погружения, заводки шпунтины в замок ранее погруженной, спуска ее до уровня направляющих, заводки в направляющее устройство и дальнейшего спуска до земли; включения вибропогружателя и погружения до проектной отметки; снятия вибропогружателя со шпунтины; переноски вибропогружателя для захвата следующей шпунтины.

В процессе погружения производятся контрольные проверки положения шпунта в плане и по вертикали, в начале погружения на каждой из первых 3—4 шпунтин, а в последующие — через каждые 10 шпунтин. Положение каждой шпунтины в плане проверяется по разметке в направляющих, а вертикальность — по отвесу. Ниже приводятся допускаемые отклонения шпунтового ряда от проектного положения в плане.

Виды шпунта	Допускаемое отклонение, мм
Стальной при погружении плавучим копром:	
на отметке верха шпунта .	не более 300
на отметке поверхности грунта	150
Стальной при погружении с суши:	
на отметке верха шпунта .	150
на отметке поверхности грунта	100

Проверка отклонений при освидетельствовании погруженного шпунта производится до его срезки и выправления.

Вибропогружатели типа ВПП-2А могут использоваться и для извлечения шпунта с подвеской его к передвижному крану соответствующей грузоподъемности.

Работы по извлечению стального шпунта состоят из подготовительных и собственно извлечения.

Подготовительные работы складываются из очистки площадки от находящихся на ней оборудования, материалов и т. д.; удаления давящего на шпунт грунта призмы обрушения; снятия со шпунта конструктивных элементов креплений, связей и т. п., а также удаления сварки, соединяющей отдельные шпунтины; если верхние концы шпунтин сильно деформированы, их срезают.

Извлечение шпунта состоит из следующих основных операций: вырезки отверстий в голове шпунтины под клин наголовника; установки вибропогружателя на шпунтину с креплением наголовника; включения вибропогружателя, извлечения шпунтины и переноски ее к месту укладки и затем переноска вибропогружателя к шпунтовому ряду для извлечения следующей шпунтины.

При погружении и извлечении стального шпунта ведется журнал работ по специальной форме.

6. Особенности погружения железобетонных свай-оболочек

Свай-оболочки могут погружаться без выемки грунта из внутренней полости оболочки; с выемкой грунта; с применением подмыва или без него.

Выбор способа погружения устанавливается ППР. Производство работ по погружению свай-оболочек в грунт состоит из следующих основных операций: транспортирования свай-оболочек на строительную площадку, монтажа направляющих устройств; доставки свай-оболочек от места складирования к месту погружения; установки свай-оболочек на грунт при помощи направляющих устройств; погружения свай-оболочек; извлечения (если это принято проектом) грунта из внутренней полости погружаемых оболочек.

Обычно применяются два приема укрупнения свай-оболочек при погружении: наращивание секций по мере погружения свай-оболочки и заблаговременная сборка двух или нескольких секций на площадке, непосредственно прилегающей к месту погружения. При этом секции соединяются фланцево-болтовым, сварным и «мокрым» стыком. Если секции свай-оболочки наращиваются в процессе погружения, то наиболее рациональным является фланцево-болтовой стык, с помощью которого легче обеспечивать точное совпадение осей, присоединяемых секций и свай-оболочки в целом.

При заблаговременной сборке секций более рациональными являются сварной и «мокрый» стыки, требующие меньшего расхода металла. Сборку секций с применением сварного и «мокрого» стыков для обеспечения соосности производят на специальных стендах. Изоляция стыков выполняется либо торкретированием по металлической сетке, либо обмазкой стыка горячим битумом с наклейкой двух-трех слоев мешковины.

Свай-оболочки обычно поднимаются при помощи специальной траверсы. Иногда используют гибкие стропы, прикрепляемые уголковыми накладками к фланцам.

Направляющие устройства предназначаются для фиксации в проектном положении свай-оболочек в процессе погружения их в грунт. Применяются направляющие устройства самых различных видов и конструкций. Для работ на суше весьма эффективно использовать в качестве направляющего устройства подвесные стрелы к кранам. С помощью крана с подвесной стрелой осуществляются практически все операции, связанные с подъемом, установкой, погружением свай-оболочки. На рис. V-15 в качестве примера представлен гусеничный кран с подвесной стрелой для погружения

свай-оболочек. Для работы с воды в мостостроении используются в качестве направляющих устройств каркасы, плавучие перемычки из понтонов, плавучие кондукторы, плавучие железобетонные ящики [36].

Свай-оболочки диаметром 1,2—1,6 м можно погружать без удаления грунта из внутренней полости. Заданная глубина погружения и проектная грузоподъемность достигаются в этом случае за счет применения

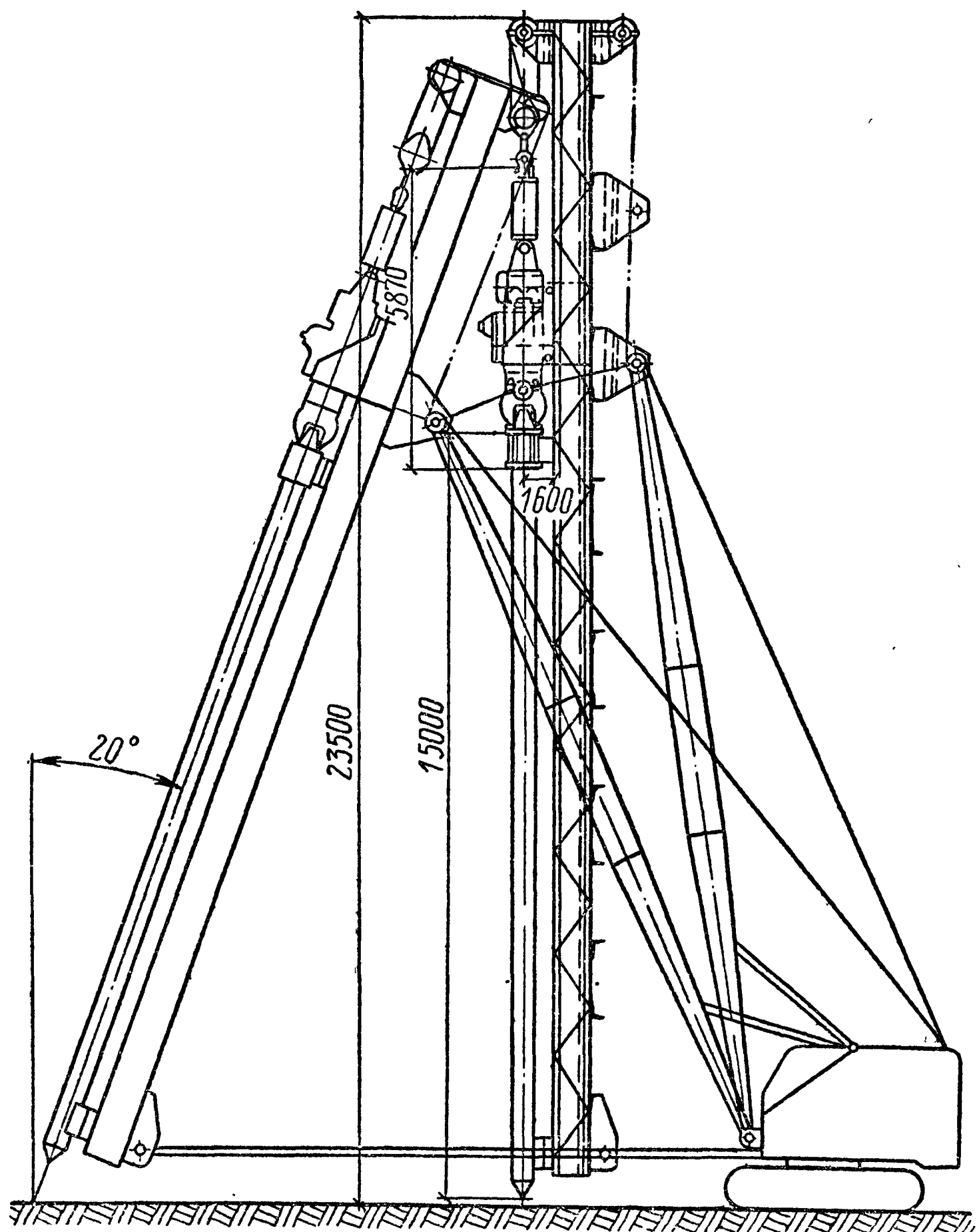


Рис. V-15. Гусеничный кран с подвесной стрелой для погружения свай-оболочек

вибропогружателя соответствующей мощности. Крепление вибропогружателя на свае-оболочке осуществляется либо при помощи фланцево-болтового стыка, либо самозакрепляющегося наголовника. Такие наголовники разработаны Минтрансстроем, в частности для вибропогружателей ВП-160 и ВП-170. Режим вибропогружения должен предусматривать кратковременные через каждые 3—5 мин выключения вибропогружателя продолжительностью 3—4 мин, необходимые для остывания ротора и статора электродвигателя, для подтяжки гаек крепления, осмотра оболочки и выполнения замеров.

Если скорость погружения падает ниже 5 см/мин, необходимо организовывать подмыв и извлечение грунта из внутренней полости свай-оболочки.

В табл. V-23 приведены данные Оргтрансстроя Минтрансстроя о времени, затрачиваемом на погружение свай-оболочек.

Т а б л и ц а V-23

Время, затрачиваемое на погружение одной оболочки

Операция	Диаметр оболочки, м		
	1,2	1,6	3
Установка оболочки в проектное положение, ч	1,12	1,28	1,08
Установка вибропогружателя и крепление, ч	1,06	1,05	4,17
Погружение оболочки в грунт, ч	0,69	0,94	—
Снятие вибропогружателя, ч	0,47	0,75	2,08
В с е г о	3,34	4,02	—
Трудоемкость, чел.-ч	11,2	24	—
Длина оболочки, м	14	24	8

Удаление грунта из внутренней полости свай-оболочек осуществляется различными способами, из которых наиболее часто употребляются эрлифты для несвязных грунтов и грейферы для связных.

Для извлечения песчаных, супесчаных и песчано-гравелистых грунтов наибольшую эффективность показали эрлифты, имеющие диаметр всасывающей трубы 100—200 мм, а иногда и до 300 мм (для песчано-гравелистых грунтов с включением валунов до 15—20 см).

Наибольшим распространением пользуются эрлифты с всасывающей трубой диаметром 150 мм, расходом воздуха 8—9 м³/мин, производительностью в песчаных грунтах 5—10 м³/ч. Слабые связные грунты (супеси, суглинки, супесчано-гравелистые грунты) хорошо изв-

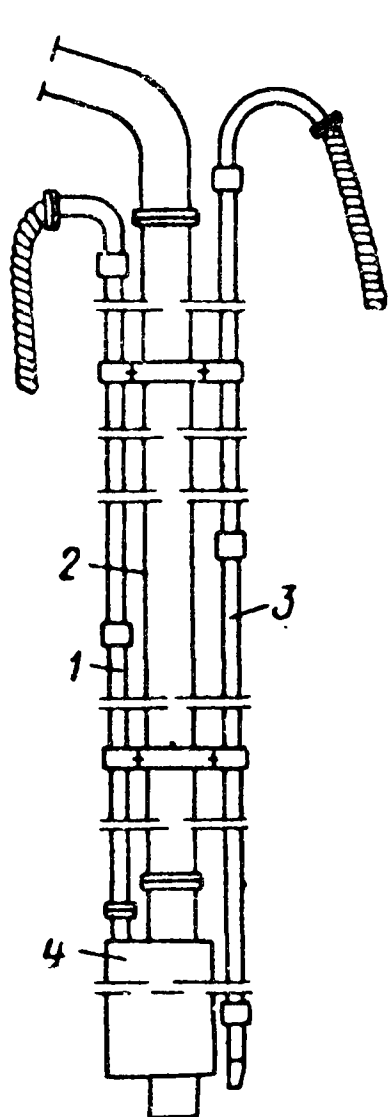


Рис. V-16. Эрлифт с подмывной трубкой

1—воздушная трубка;
2 — эрлифт; 3 — под-
мывная трубка; 4 —
камера смешения

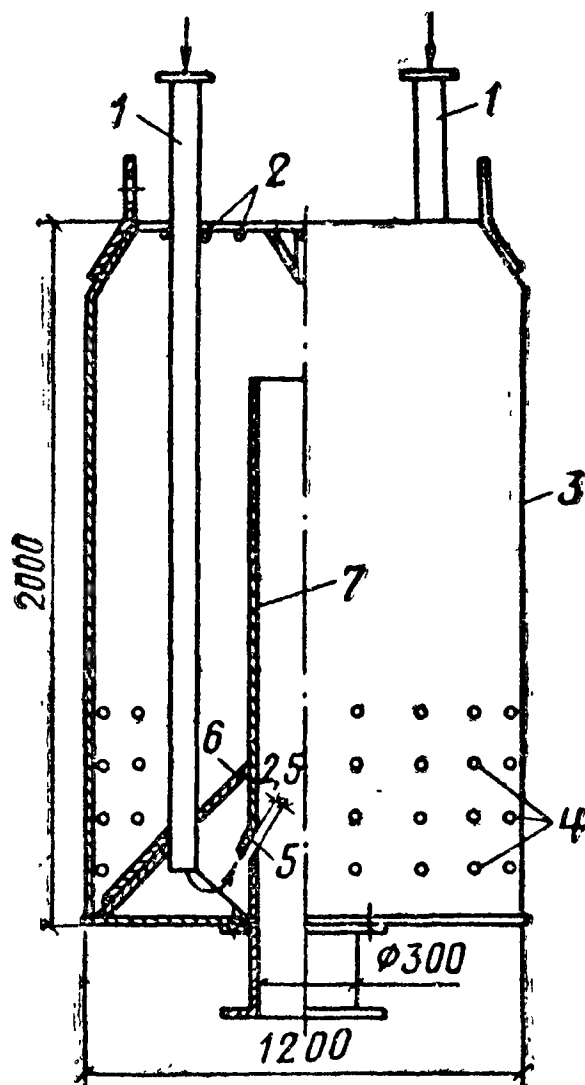


Рис. V-17. Гидрожелонка

1 — трубка для подачи напорной
воды; 2 — решетка; 3 — барабан;
4 — отверстия в барабане для
выхода воды; 5 — кольцевая
щель; 6 — направляющий конус;
7 — всасывающая труба

лекаются эрлифтом с подмывной трубой (рис. V-16).

Если свая-оболочка погружается в гравелистые и песчано-гравелистые грунты с большим содержанием крупного гравия, валунов, то применяют гидрожелонку (рис. V-17). Работает гидрожелонка так: подаваемая по трубе вода под напором 0,8—1 МПа поступает через кольцевую щель во всасывающую трубу. Вода засасывает грунт, который заполняет бункер барабана. Бункер периодически очищается от грунта, для чего желонку извлекают наверх. Время наполнения бункера 5—7 мин.

Если свая-оболочка погружается в связные грунты (глинистые, суглинистые), то используются трех-, четырехчелюстные грейферы легкого и тяжелого типов. Характеристика двух типов грейферов, применяемых для погружения свай-оболочек, приведена в табл. V-24.

Т а б л и ц а V-24

Характеристика грейферов

Показатель	Тип грейфера и марка	
	одноканатный ударный	пневматический ГП-2
Объем грейфера, м ³ .	0,15	0,15
Диаметр при открытых лопастях, м	1,25	1,23
Число лопастей	4	5
Вес грейфера, Н	25 000	7000
Давление воздуха, МПа	—	0,5—0,7
Тип компрессора	—	ЗИФ-55
Изготовитель	Одинцовский завод Минтранс-строя	Завод Министерства угольной промышленности

Погружение свай-оболочек в скальные грунты и при встрече с препятствиями осуществляют различными буровыми агрегатами — трубобурами и станками ударно-канатного бурения (УКС-30, УКС-54) [36].

7. Подмыв свай

При забивке свай в обезвоженные песчаные, супесчаные, песчано-гравелистые и т. п. грунты для повышения производительности забивки применяют подмыв.

Известны и используются два способа подмыва. При первом — вода подается к острию сваи через трубу или заранее оставленный канал, проходящий по центру сваи, при втором — по трубе (одной или несколькими), располагаемой снаружи вдоль сваи. Преимущественное распространение получил второй способ. Технология производства работ по второму способу следующая: на головке копра устанавливаются блоки (по числу подмывных труб), через каждый блок пропускается канат, с одного конца которого подвешивается подмывная труба, а с другого — противовес. К верхнему изогнуто-

му концу трубы присоединяется напорный шланг от насоса. В начале работ подмывные трубы ставятся рядом с поднятой сваей так, чтобы наконечник подмывной трубы находился на расстоянии около 0,5 м от поверхности земли. Затем включается насос и подмывная труба погружается в грунт на глубину до 1 м. Далее включают молот и производят забивку сваи, следя за тем чтобы подмывная труба опережала сваю на 30—40 см. Для лучшего взрыхления грунта и движения воды вдоль ствола сваи подмывную трубу непрерывно перемещают вверх и вниз. Подмыв прекращают, когда свая не достигла еще до проектной отметки на 1—1,5 м с тем, чтобы нижняя часть сваи опиралась на неразрыхленный грунт.

При назначении подмыва следует учитывать, что подмыв уменьшает несущую способность свай за счет снижения сил трения по боковой поверхности ее.

Давление, расходы воды для подмыва свай зависят от характеристики грунтов, глубины погружения и сечения сваи. Ориентировочные данные для определения этих величин даны в табл. V-25.

Т а б л и ц а V-25

Давление и расход воды, необходимые для погружения свай (шпунта) подмывом

Грунт	Глубина погружения свай в грунт, м	Необходимое давление у наконечников, МПа	Сечение сваи (шпунтины), см			
			30×50		50×70	
			внутренние диаметры подмывных труб, мм	расход воды на сваю, м³/мин	внутренние диаметры подмывных труб, мм	расход воды на сваю, м³/мин
Ил, заиленный песок, мелкозернистый песок, мягкая глина, супесь	5—15	0,4—0,8	37	0,4—1	50	1—1,5
	15—25	0,8—1	68	1—1,5	80	1,5—2
Песок и супесь слежавшиеся, песок с примесью гравия и гальки, суглинок, глина мягкая	5—15	0,6—1	50	1—1,5	68	1,5—2
	15—25	1—1,5	80	1,5—2,5	106	2—3

Погружение свай-оболочек подмывом в песчаных и супесчаных грунтах иногда производится без погружающего оборудования, т. е. только под действием собственного веса и подмыва.

Подмывные трубы могут располагаться либо внутри полости свай-оболочки, либо снаружи, что определяется проектной организацией. Ориентировочные данные о необходимом напоре и расходе воды по некоторым типоразмерам свай-оболочек приведены в табл. V-26.

Т а б л и ц а V-26

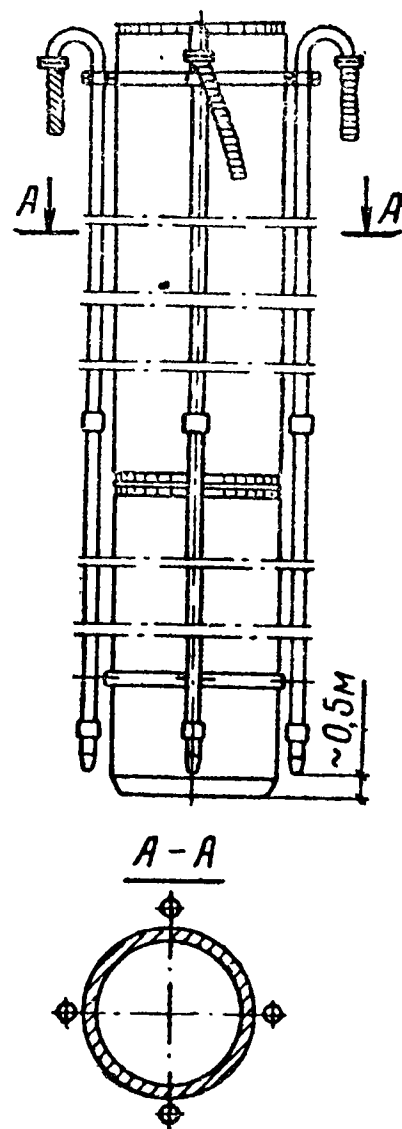
Давление и расход воды, необходимые для погружения свай-оболочек с подмывом

Грунт	Глубина погружения, м	Необходимое давление у наконечников, МПа	Количество и внутренний диаметр труб, мм		
			Расход воды, м³/мин		
			Диаметр наружной оболочки, м		
			1,2	1,6	2
Мелко- и среднезернистый песок, супесь, ил, мягкая глина	До 10	0,4—0,6	3×50	4×50	4×50
			0,6—1	0,8—1,2	1—1,4
	10—20	0,6—0,8	3×50	4×50	4×50
			0,9—1,2	1,2—1,6	1,6—2
Песок и супесь слежавшиеся; то же, с примесью гравия и гальки .	До 10	0,8—1	3×50	4×50	4×75
			1,5—2	2—2,5	3—4
Суглинок, глина средней твердости	10—20	1—1,5	3×50	4×75	4×75
			1,8—2	3—4	4—5

Расположение подмывных труб при наружном подмыве показано на рис. V-18.

Для подачи воды в подмывные трубы применяют

Рис. V-18. Свая-оболочка с прикрепленными к ней подмывными трубками



центробежные и поршневые насосы с приводом от электродвигателей и двигателей внутреннего сгорания. Наиболее удобными являются многоступенчатые центробежные насосы с приводом от электродвигателей.

8. Методы испытания свай

а. Испытания свай динамической (ударной) нагрузкой

Динамические испытания проводятся: а) в ходе изысканий, до начала рабочего проектирования свайного фундамента при забивке пробных свай; б) в процессе забивки рабочих свай; в) при приемке законченных свайных работ. Динамические испытания выполняются:

при проведении изысканий — для определения степени неоднородности грунтовых условий в пределах контура проектируемого здания; оценки и сравнения несущей способности пробных свай и свай, принятых в проекте;

в процессе забивки рабочих свай — для получения относительной оценки их несущей способности; выявления несущих слоев грунта и слабых участков свайного поля;

при приемке работ — для определения возможно более достоверных данных о несущей способности забитых свай после их «отдыха».

Динамические испытания свай, как правило, проводятся тем же оборудованием, что и для производственной забивки. Конечным результатом испытания является получение величины отказа свай (погружение сваи от одного удара молотом) и затем определение путем расчета несущей способности сваи. Достоверность полученных отказов зависит от точности определения веса и высоты подъема ударной части молота одиночного действия, веса сваи и наголовника и точности измерения упругих перемещений грунта и сваи после удара.

Измерение отказа лучше всего производить специальными приборами — отказомерами. К числу наиболее известных конструкций относится отказомер П. Р. Тикунова [28]. Точность регистрации упругих перемещений грунта и сваи этим прибором составляет 1 мм. При забивке пробных свай (на стадии изысканий) и при приемке забитых свай (контрольные испытания) динамические испытания проводятся только после «отдыха» свай. Продолжительность «отдыха» принимается: в песчаных грунтах — не менее трех суток, в связных глинистых грунтах — не менее шести суток с момента окончания забивки.

б. Методика динамических испытаний

Согласно СНиП III-Б.6-62, при измерении отказа необходимо следить за тем, чтобы голова сваи была неповрежденной, высота падения ударной части была максимальной для данного типа молота, удар молота был центральным. Для молотов двойного действия число ударов молота и давление пара или воздуха в цилиндре должны соответствовать данным паспорта. Добивка пробных и контрольных свай после «отдыха» должна производиться тем же молотом, что и при забивке.

В процессе проведения динамических испытаний фиксируются:

число ударов молота на каждый метр погружения до заданной проектной отметки;

величина отказов после погружения до заданной проектной отметки;

продолжительность «отдыха»;

· коэффициент засасывания, т. е. отношение отказа при забивке к отказу от одного удара при добивке. За расчетный принимается отказ e при добивке.

в. Испытания свай статической нагрузкой

Статические испытания могут назначаться на стадии изысканий, до начала рабочего проектирования, в процессе забивки свай, при приемке забитых свай. Цель их на стадии изысканий — выбор длины и сечения свай и оценка их несущей способности; в процессе забивки и при приемке забитых свай — определение фактической несущей способности свай и сопоставление ее с расчетной, принятой в проекте.

Данные, полученные в результате статических испытаний, отличаются значительно большей достоверностью и точностью, чем при динамических испытаниях. Поэтому, несмотря на большую сложность и трудоемкость статических испытаний по сравнению с динамическими, они назначаются, как правило, при строительстве сложных и крупных объектов с большим числом свай в фундаменте.

Статические и динамические испытания должны проводиться в соответствии с ГОСТ 5686—69 «Сваи и свай-оболочки. Методы полевых испытаний».

Для проведения статических испытаний при изысканиях забивается несколько пробных свай. Число их и места забивки определяются проектирующей организацией. Испытания в процессе забивки и при приемке производятся на сваях, расположенных в местах с наихудшими для данного объекта грунтовыми условиями или давших наибольшие отказы при забивке. Испытания должны начинаться по истечении трех суток после забивки в песчаные грунты и шести суток в связные глинистые грунты.

г. Методика статических испытаний и оборудование

Статические испытания свай заключаются в постепенном нагружении свай статической нагрузкой и измерениями осадок свай от этой нагрузки. Различают величины критической и предельной нагрузок. При критической нагрузке происходит резкое и незатухающее

увеличение осадки сваи (свая «проваливается»), превышающее осадку от предшествующей ступени нагрузки более чем в 5 раз. Предельная нагрузка принимается на одну ступень меньше критической. График зависимости осадки от нагрузки представлен на рис. V-19.

Величина ступеней нагрузки назначается в размере $1/10—1/15$ ожидаемой величины предельной нагрузки. Для большей точности испытаний иногда пользуются более

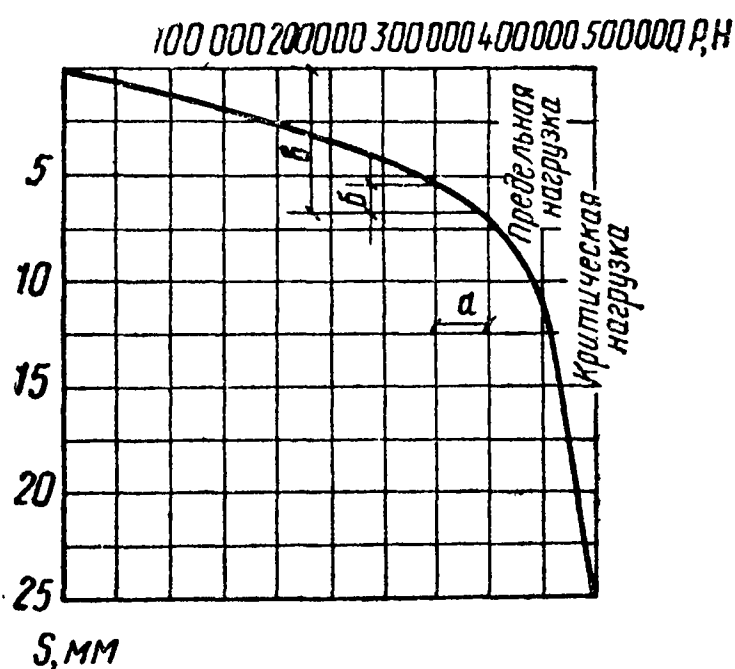


Рис. V-19. График зависимости осадки от нагрузки при статических испытаниях свай

а — ступень нагрузки; *б* — осадка за ступень; *в* — общая осадка от нагрузки

дифференцированной шкалой нагрузок, а именно от $1/2,5—1/5$ в начале испытаний до $1/10—1/15$ на последующих ступенях нагрузки.

Наблюдают за осадками сваи после каждой ступени нагрузки до затухания осадок, которое характеризуется величиной осадки не более 0,1 мм за последние два часа наблюдений. Измерения осадок выполняются с интервалами: в первый час наблюдений — через 15 мин, во второй — через 30 мин и далее — через 1 ч до полного затухания осадок. Величина осадки фиксируется с точностью до 0,1 мм прогибомерами или точным нивелированием.

После доведения нагрузки до критической осуществляется разгрузка так же ступенями, но равными удвоенным ступеням загрузки. Данные наблюдений за осадками свай записываются в журнал статического испытания свай.

Выбор оборудования для статических испытаний зависит от принятого способа нагружения свай. В настоящее время известны следующие способы нагружения: укладка груза на платформу, устанавливаемую на сваю, использование усилия гидравлических домкратов,

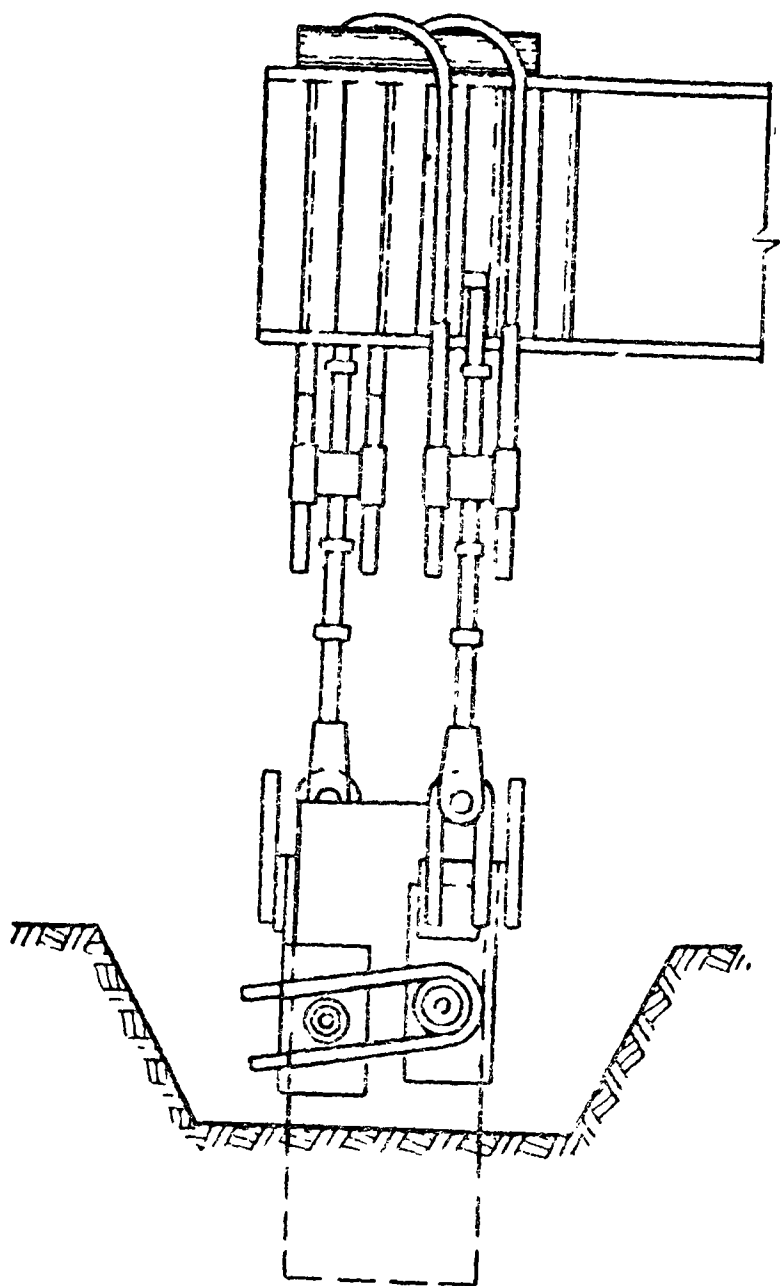
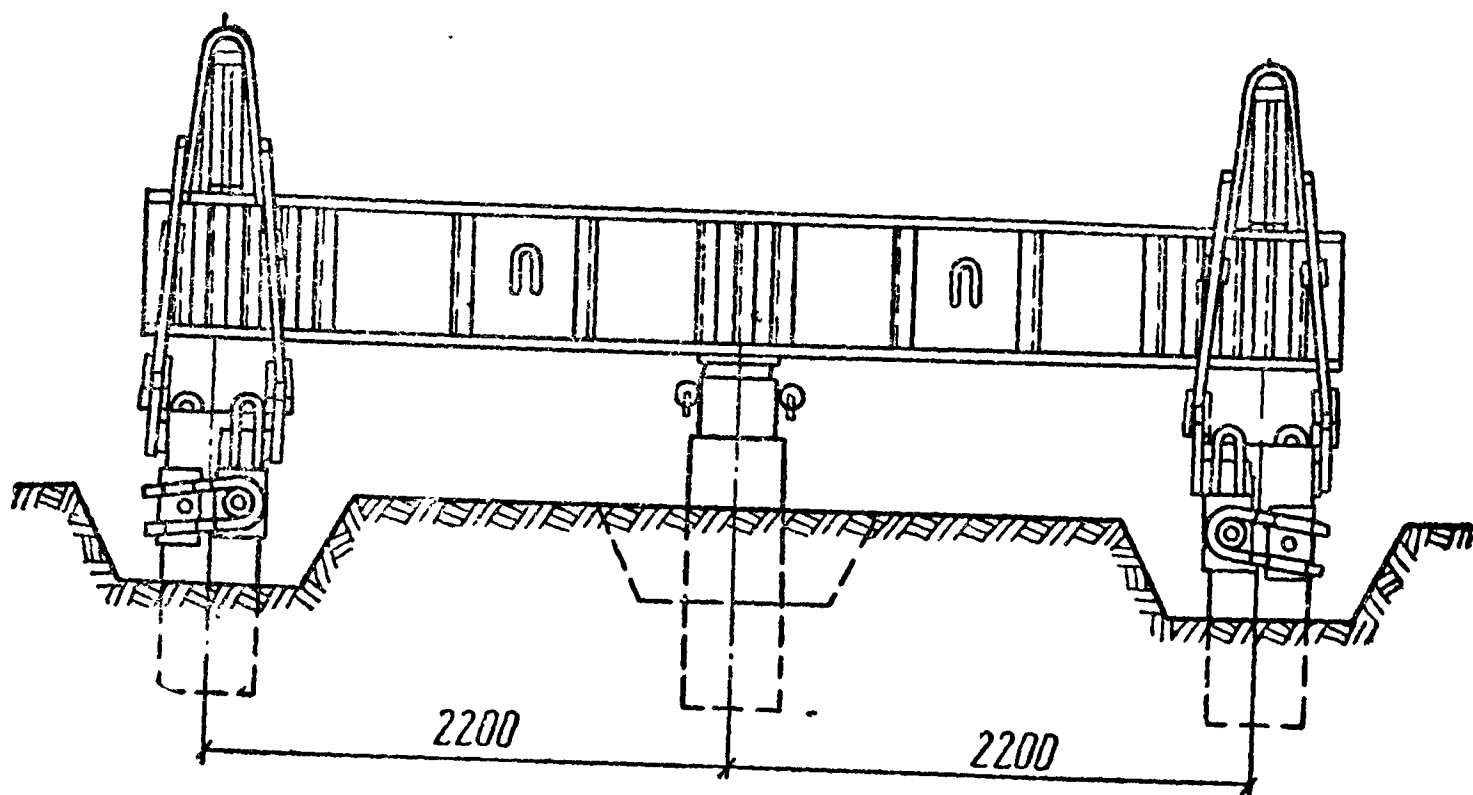


Рис. V-20. Установка для
статических испытаний
свай конструкции ГПИ
Фундаментпроект

применение натяжных муфт или лебедок. Преимущественное распространение получил способ с использованием гидравлических домкратов — наименее трудоемкий и наиболее дешевый. Общий вид установки с гидравлическим домкратом конструкции ГПИ Фундаментпроект представлен на рис. V-20. Для статических испытаний

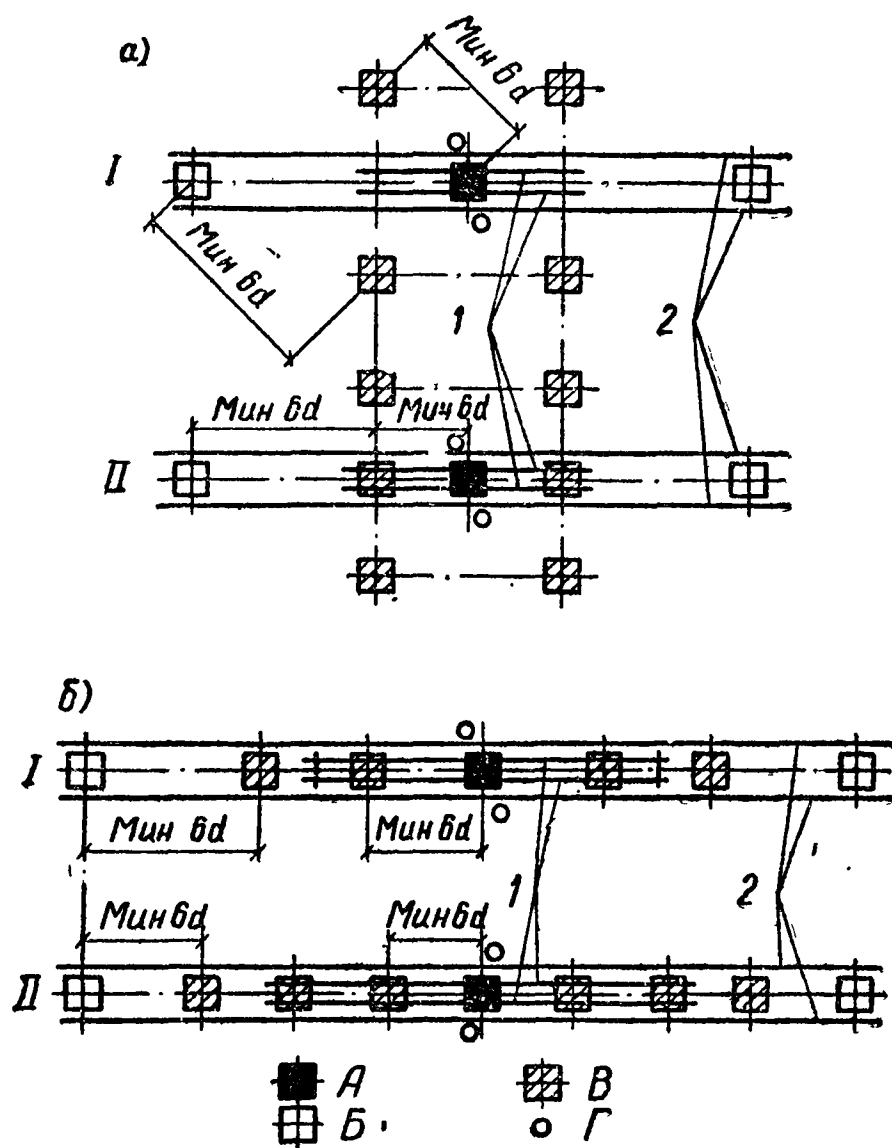


Рис. V-21. Схемы размещения опытных и анкерных свай при испытании статической нагрузкой

a — кустовое расположение свай; *б* — рядовое расположение свай; *I* — четыре анкерные сваи; *II* — шесть анкерных свай; *1* — балочная клетка; *2* — реперные уголки; *A* — испытываемые (опытные) сваи; *Б* — реперные сваи; *В* — анкерные сваи; *Г* — прогибомеры

обычно используются гидравлические домкраты грузоподъемностью 50, 100 и 200 т.

Реперная система предназначена для крепления приборов, измеряющих осадки испытываемой сваи. Она состоит из стоек и ригелей. Стойки (балки, швеллеры, тумбы) закапываются в землю не менее чем на 0,5 м. При испытании железобетонных свай при кустовом или ленточном расположении их в качестве стоек используются те же сваи из куста или ряда. Ригели (металлические уголки $75 \times 75 \times 8$ мм) прикрепляются к стойкам хомутами. К ригелям стробцинами крепится прогибомер. На каждую испытываемую сваю устанавливаются два прогибомера.

Схема размещения испытываемых и анкерных свай, а также реперной системы показана на рис. V-21.

Документация на проведение статических испытаний свай включает в себя:

техническое задание, разрабатываемое проектной организацией;

проект производства работ;

план строительной площадки с указанием на нем испытываемых и анкерных свай;

геологический разрез площадки и физико-механическая характеристика грунтов.

9. Устройство свайных ростверков

В зависимости от рода материала ростверки выполняются из дерева, бетона или железобетона. Деревянные ростверки устраиваются только по деревянным сваям. Перед монтажом ростверка головы деревянных свай должны быть не менее чем на 50 см ниже наинизшего горизонта воды. Выступающие за этот уровень концы свай срезают. Требования к материалу для изготовления деревянного ростверка те же, что и к свайному лесу. Для монтажа ростверка используются стандартные строительные краны на автомобильном или гусеничном ходу.

Бетонные ростверки или подушки применяют на всех видах свай, не работающих на растяжение. Толщина бетонной подушки обычно не превышает 0,7—0,8 м. Лишь для тяжелых крупных сооружений подушка может быть толщиной 1 м и более.

До начала бетонирования ростверка выполняются следующие работы:

производится срубка голов свай до заданного уровня; очищается от шлама и промывается поверхность тампонажного слоя и верха свай;

изолируется от соприкосновения с бетоном ростверка поверхность ограждения, если оно будет извлекаться после окончания работ.

Бетонируется ростверк в сборной деревянной опалубке.

Во время бетонирования должна быть обеспечена откачка грунтовых вод из котлована. Бетонная смесь должна укладываться горизонтальными слоями равномерно по всей площади ростверка. Если мощность бетонного завода недостаточна или по другим условиям невозможно вести укладку горизонтальными слоями по всей

площади, то ее разбивают на отдельные блоки бетонирования. Транспортируется бетонная смесь самоходными бетоноукладчиками на базе тракторов С-100 или бадьями с открывающимся днищем, транспортируемыми передвижным краном. Уплотняется бетонная смесь вибраторами.

Железобетонные ростверки изготавливаются монолитными и сборными. Монолитные ростверки имеют различную форму — квадратную, прямоугольную, треугольную и ленточную в зависимости от конструктивных решений зданий и сооружений, геологических условий, типа и числа забитых свай.

Технология их устройства в основном аналогична. Первоначально срубаются головы свай до заданного проектом уровня с оголением арматурных стержней. В последующем стержни омоноличиваются при бетонировании ростверка. В тех случаях когда головы свай после забивки находятся на одном уровне (допускается разница в уровне 1—2 см) и не разбиты, рекомендуется не разбивать головы свай и заделывать их в ростверк без выпусков арматуры. Глубина заделки при этом должна быть не менее $0,5 d$ при многорядном расположении свай и $1 d$ при однорядном (d — диаметр трубчатой сваи или размер стороны сваи квадратного сечения).

Для свай с оголенными концами арматуры рекомендуется:

в свайном фундаменте, работающем на вертикальную нагрузку, заделывать ствол сваи в ростверк не менее чем на 5 см, а выпуски арматуры — не менее чем на 25 см;

в свайном фундаменте, работающем на горизонтальную нагрузку, ствол сваи заделывать в ростверк на величину не менее наибольшего размера поперечного сечения сваи, а выпуски арматуры заделывать не менее чем на 40 см.

Сборные железобетонные ростверки получили за последние годы широкое распространение. Для их устройства необходимо, чтобы оси забитых свай имели отклонение в плане не более ± 5 см, а по вертикали уровни голов сваи ± 1 см. Подобная точность забивки свай в плане потребовала создания специальных копровых установок с качающимися в двух взаимно перпендикулярных плоскостях копровыми стрелами типа С-860, СП-50С (на базе экскаваторов) и С-878, СП-49 (на базе тракторов). Для рельсовых копров соответственно

повышены требования к точности рихтовки подкопровых путей.

10. Приемка свайных фундаментов

Для приемки свайного фундамента должна быть предъявлена следующая техническая документация:

проекты свайного фундамента и опор, фундаментов и опор из оболочек или шпунтовых ограждений;

рабочие чертежи свай, свай-оболочек и шпунта;

акты освидетельствования свай, свай-оболочек и шпунта до их погружения в грунт;

акты лабораторных испытаний контрольных бетонных кубиков;

акты приемки материалов;

журналы изготовления и хранения свай, свай-оболочек и шпунта;

акты геодезической разбивки свайных фундаментов и опор, фундаментов и опор из свай-оболочек и шпунтовых ограждений;

исполнительные планы расположения свай и сооружений;

журналы забивки свай;

акты динамических и журналы статических испытаний свай (если таковые производились).

В процессе приемки свайного фундамента осуществляются:

проверка соответствия выполненных в натуре работ проекту и требованиям главы IV СНиП III-Б.6-62 «Правила производства и приемки работ»;

просмотр журналов забивки и сводных ведомостей забитых свай, оболочек и шпунта;

контрольные испытания свай динамической, а в отдельных случаях статической нагрузкой.

Приемка оформляется актом, в котором отмечаются все выявленные дефекты, указывается срок их устранения и дается оценка качества работ.

Приемка свайного фундамента производится в несколько этапов.

а. Приемка свай

Сваи, поставляемые заводом, должны иметь паспорт, в котором указываются наименование завода-изго-

товителя и его адрес, номер и дата выдачи паспорта, дата изготовления свай, номер ГОСТа или чертежа, по которому изготовлена свая, марка бетона. На сваях должны быть написаны несмываемой краской марка и дата изготовления свай. Торец свай должен быть перпендикулярен продольной оси, искривление продольной оси не должно превышать установленных допусков. Наружная поверхность свай должна быть гладкой, местные неровности и впадины глубиной более 5 мм не допускаются, а выступающие наплывы не должны превышать 8 мм. Свай, имеющие по наружной поверхности трещины шириной более 0,3 мм, не принимаются. Размеры свай, свай-оболочек и элементов ростверка могут иметь отклоне-

Таблица V-27

Допускаемые отклонения в размерах свай, свай-оболочек и элементов ростверка

Отклонение	Допуски
В длине свай:	
при длине до 10 м	± 30 мм
» » более 10 м	± 50 »
В длине секций составных полых свай	± 30 »
В длине, ширине и толщине элементов ростверка	± 10 »
Во взаимном расположении отверстий для свай в ростверке	± 10 »
В размерах сторон поперечного сечения сплошных и полых квадратных свай . . .	± 5 »
В диаметре круглых свай	$+5-0$ »
В кривизне свай (стрелка)	$+10$ »
В длине острия	± 30 »
В кривизне отдельных секций составных свай	$1/500$ длины секций
В смещении острия от центра	10 мм
В наклоне плоскости верхней торцовой грани к плоскости, перпендикулярной оси свай:	
для сплошных и полых свай квадратного сечения	Уклон 1%
для полых круглых свай	» 0,5%
В толщине стенки полых круглых свай .	$\left\{ \begin{array}{l} + 5 \text{ мм} \\ - 0 \text{ »} \end{array} \right.$
В толщине защитного слоя	$\left\{ \begin{array}{l} + 5 \text{ мм} \\ - 0 \text{ »} \end{array} \right.$

ния, однако они не должны превышать допусков, указанных в табл. V-27.

б. Приемка свайного поля

Расположение свай в плане свайного поля должно соответствовать проекту. Допускаемые отклонения в расстоянии между осями забитых свай и свай-оболочек не должны превышать величин, приведенных в табл. V-28.

Число свай или свай-оболочек, имеющих максимально допустимое отклонение от проектного положения, не должно превышать 25% общего их числа в основании.

Т а б л и ц а V-28

Допускаемые отклонения свай и свай-оболочек

Тип свай и их расположение	Допускаемые отклонения в плане для свай и свай-оболочек длиной L , м	
	до 10	свыше 10
Сваи и сваи-оболочки диаметром до 60 см:		
для однорядного расположения свай и свай-оболочек	0,2D	0,2D
для кустов и лент с расположением свай и свай-оболочек в два и три ряда . .	0,3D	0,3D
для кустов и лент с расположением свай более чем в три ряда и для свайных полей	0,4D	0,4D
Сваи-оболочки диаметром 60—200 см	0,4D , но не более 40 см	0,4D , но не более 50 см
Оболочки диаметром более 200 см	Не более 60 см	

Примечания: 1. При отклонении свай от проектного положения расстояние в свету от свай до края ростверка должно быть $\geq 0,15D$, но не менее 5 см. При отклонении от проектного положения свай-оболочек расстояние в свету от сваи-оболочки до края ростверка должно быть не менее толщины стенки сваи-оболочки, но не меньше 10 см.

2. Для свай-оболочек длиной более 20 м допуски указываются в проекте.

3. D — наружный диаметр сваи-оболочки или максимальный размер поперечного сечения сваи.

Для приемки свайного поля предъявляются:

данные геодезической съемки забитых свай в плане и по высоте, фиксирующие абсолютную отметку нижнего конца сваи и величины отклонения свай в плане;

отказы и количество ударов молота на каждую сваю (из журналов забивки). Данные наносятся на исполнительный план свайного поля. При сопоставлении этих данных, а также результатов динамических и статических испытаний (если они производились) с проектом устанавливаются:

пригодность забитых свай и соответствие несущей способности проектным нагрузкам;

необходимость забивки дублирующих свай или добивки недопогруженных свай;

необходимость срубки голов свай до заданных проектом отметок [41].

Глава VI. БУРОНАБИВНЫЕ СВАИ. СТЕНЫ В ГРУНТЕ

§ 1. ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ

1. Общие сведения

В СССР фундаменты на буронабивных сваях применялись до недавнего времени в основном в мостостроении и портовом строительстве, однако в последние годы они получают все более широкое распространение в промышленном и гражданском строительстве.

В соответствии с технологией изготовления выделяются три основные группы (типа) буронабивных свай: устраиваемых в сухих и маловлажных связных грунтах, не требующих специальных мероприятий по креплению стенок скважин;

изготавливаемых в несвязных, слабых и обводненных грунтах, стенки скважин которых удерживаются от обрушения избыточным давлением воды или глинистым раствором;

сооружаемых в аналогичных грунтовых условиях с креплением стенок при помощи обсадных труб (неизвлекаемых или инвентарных).

2. Технология изготовления буронабивных свай в связных сухих и маловлажных грунтах

В сухих и маловлажных грунтах, например лессовых, буронабивные сваи устраиваются при помощи буровых агрегатов, снабженных рабочими органами, действующими по принципу вращательного бурения (шнековая колонна или ковшевой бур), разбуривающими в грунте скважину необходимого диаметра и глубины в зависимости от требований проекта и применяемого оборудования. Устье скважины обсаживается для предотвращения обрушения грунта металлическим патрубком. Бурение производится с периодической выда-

чей грунта на поверхность в отвал, с последующей погрузкой его в автотранспорт.

После достижения забоя скважины проектной отметки в необходимых случаях в нижней части или по длине скважины устраиваются уширения разбуhrиванием полости при помощи специального приспособления — уширителя. По окончании бурения скважина освидетельствуется, и после ее приемки в необходимых случаях

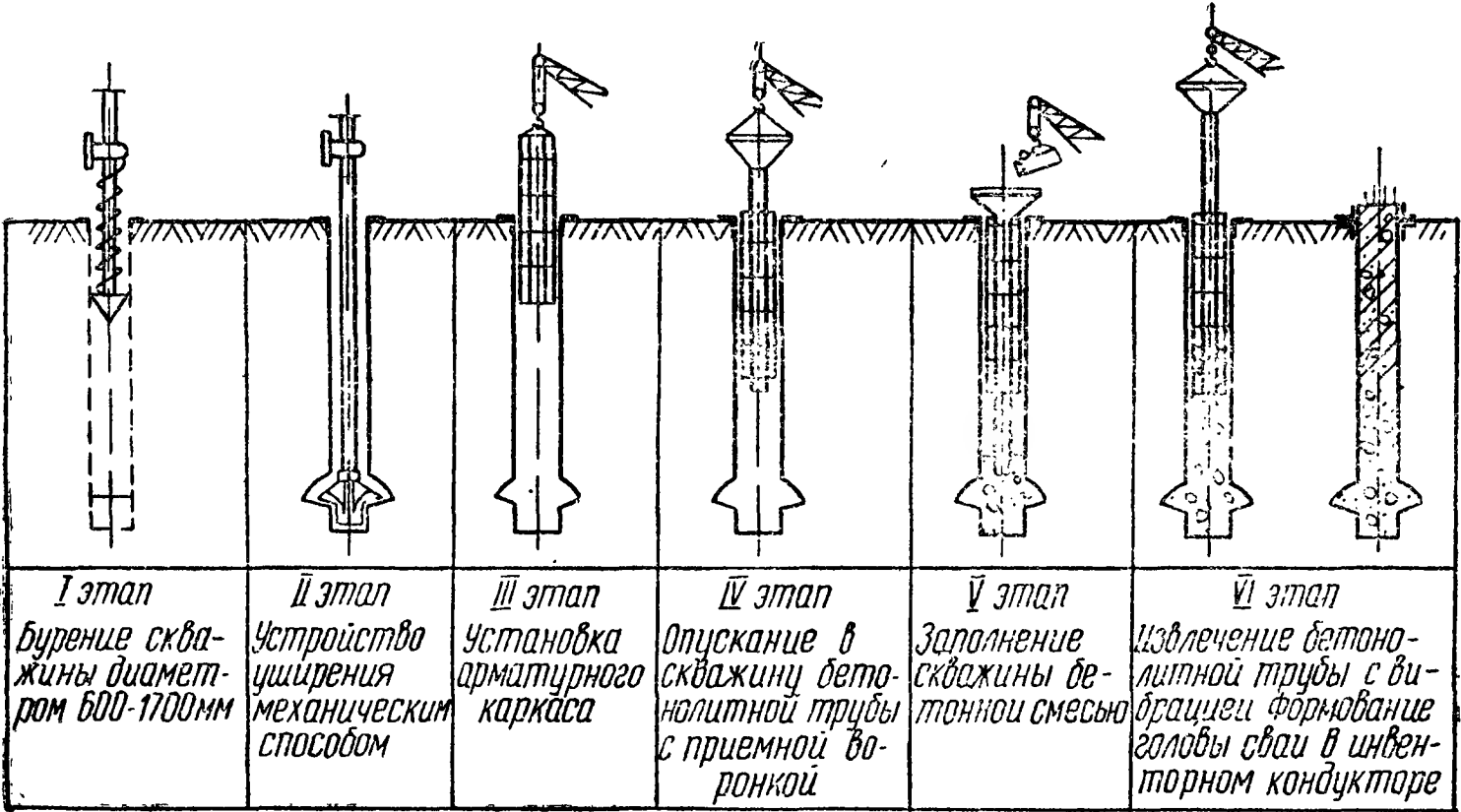


Рис. VI-1. Технологическая схема устройства буронабивных свай без применения обсадных труб

в нее устанавливается арматурный каркас и производится бетонирование.

Бетонирование осуществляется методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ). Применяемые бетонолитные трубы, как правило, секционные, со стыками различных конструкций. При устройстве свай по описываемой технологии к стыкам бетонолитных труб не предъявляется особых требований по герметичности, поэтому основная цель стыков — обеспечить быстрое и надежное соединение секций труб. Подача бетонной смеси в приемную воронку бетонолитной трубы производится непосредственно из автобетоносмесителя или при помощи специального приемного бункера. Бетонная смесь готовится на месте либо доставляется централизованно. По мере бетонирования бетонолитная труба извлекается из скважины. При этом уплотне-

ние бетонной смеси в скважине может выполняться с помощью вибраторов, укрепленных на приемной воронке бетонолитной трубы.

По окончании бетонирования скважины голова сваи формуется в специальном инвентарном кондукторе.

Наиболее часто по этой технологии изготавливаются буронабивные сваи диаметром 400, 500, 600, 1000 и 1200 мм и длиной до 30 м. Буронабивные сваи этого типа нашли широкое применение в промышленном и гражданском строительстве [11].

Схема изготовления буронабивных свай по описанной технологии приведена на рис. VI-1.

3. Технология изготовления буронабивных свай с креплением стенок скважин от обрушения избыточным давлением воды или глинистым раствором

Указанная технология изготовления буронабивных свай используется при устройстве их в неустойчивых обводненных грунтах.

Бурение скважины осуществляется вращательным способом, однако в случае необходимости проходки скальных включений и прослоек могут быть применены сменные рабочие органы ударного типа (грейферы, долота). Стенки скважины в этом случае удерживаются от обрушения глинистым раствором или избыточным давлением столба воды в скважине. Массовое устройство буронабивных свай связано с необходимостью готовить и транспортировать большие объемы глинистого раствора, а затем либо восстанавливать, либо удалять со строительной площадки использованный раствор. Это создает определенные затруднения в проведении работ в зимних условиях, кроме того, при устройстве буронабивных свай с применением глинистого раствора затруднен контроль качества бурения скважин.

Принцип крепления стенок скважин избыточным давлением столба воды, залитой в скважину выше уровня грунтовых вод, состоит в том, что избыточный напор создает гидродинамический поток воды из скважины в окружающий грунт. При этом возникают силы, препятствующие обрушению и оплыванию стенок скважины. Необходимым условием производства работ этим методом является превышение уровнем воды в скважине

уровня грунтовых вод. Величина превышения должна быть, как правило, не менее 3 м.

Описанный метод крепления стенок скважин от обрушения наиболее прост, однако является менее надежным, сложен в зимних условиях, требует безукоризненной организации работ.

По окончании бурения скважин и зачистки забоя в нее устанавливается арматурный каркас и скважина бетонируется. Бетонирование осуществляется методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ). При бетонировании под водой применяют бетонолитные трубы с герметичными быстроразъемными стыками.

Бетонирование и формование головы свай производится так же, как и бетонирование свай в сухих грунтах.

Используются буронабивные сваи, изготавливаемые по описанной технологии, диаметром 600—1700 мм с уширением до 3500 мм и длиной до 30 м.

4. Технология изготовления буронабивных свай с креплением стенок скважин от обрушения обсадными трубами

Устройство буронабивных свай по описываемой технологии возможно в любых геологических и гидрогеологических условиях. Обсадные трубы для удерживания стенок скважин могут оставаться в грунте при изготовлении свай.

Наиболее рациональным является применение инвентарных труб, извлекаемых в процессе изготовления свай (VI-2). Секции обсадных труб, как правило, соединяются при помощи стыков специальной конструкции (станки «Беното», «Като» и некоторые другие), а также с помощью сварки.

Погружаются обсадные трубы в процессе бурения скважины гидродомкратами с применением специального бурового оборудования, а также посредством забивки трубы в грунт или вибропогружением.

Бурение скважины при изготовлении буронабивных свай осуществляется вращательным или ударным способом.

При ударном бурении по мере разработки скважины обсадная труба погружается в грунт, следуя за забоем или опережая его в зависимости от вида проходимых грунтов, до проектной отметки. При этом отдельные сек-

ции обсадных труб наращиваются по мере необходимости.

При вращательном способе бурения вначале проходит лидерная скважина на длину секции обсадной трубы, после чего в скважину погружается обсадная труба. Затем производится бурение следующего участка скважины, после чего наращивается и погружается в скважину очередная секция обсадной трубы. Таким образом бурение ведется до проектной отметки.

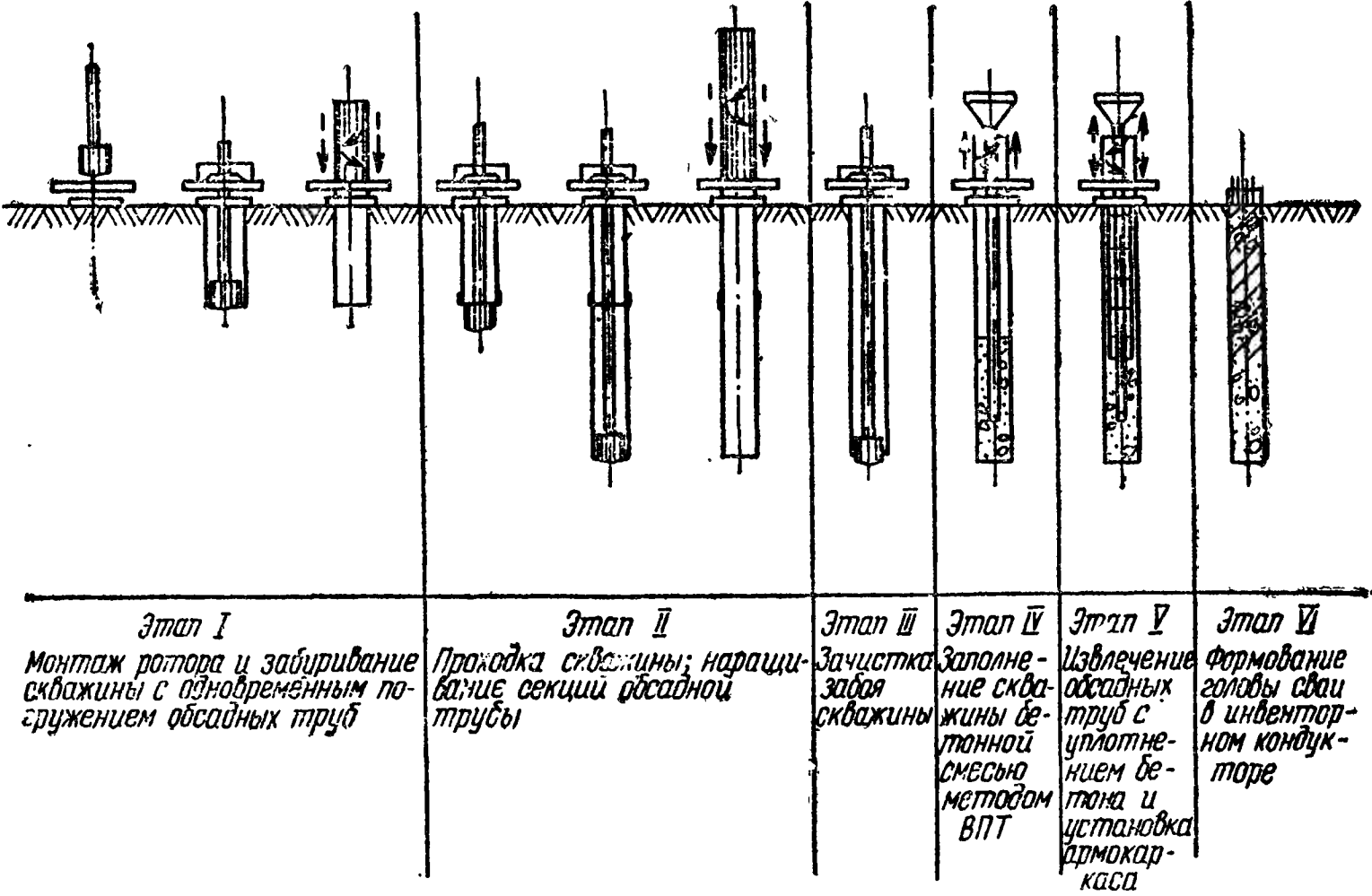


Рис. VI-2. Технологическая схема устройства буронабивных свай с применением обсадных труб

После зачистки забоя и установки в скважину арматурного каркаса скважина бетонируется. Бетонирование ведется методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ). При этом, как и при бетонировании скважин под водой или глинистым раствором, применяются секционные бетонолитные трубы различных конструкций с герметичными стыками. В сухих скважинах бетонирование может вестись с помощью контейнера специальной конструкции.

Бетонная смесь поступает в приемную воронку бетонолитной трубы по лотку непосредственно из автобетоносмесителя (рис. VI-3) или накопительного бункера. По

мере заполнения скважины бетоном обсадная труба извлекается. При этом специальная система гидродомкратов, смонтированных на буровом станке, сообщает колонне обсадных труб возвратно-поступательное и полу-вращательное движения, дополнительно уплотняя бетонную смесь.

По окончании бетонирования скважины головы свай формуются в специальном инвентарном кондукторе.

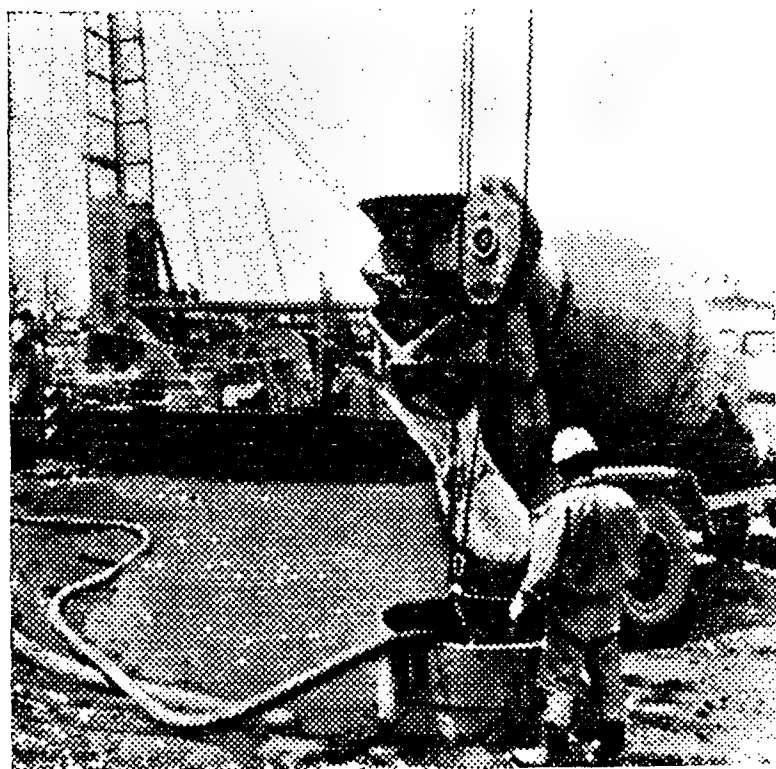


Рис. VI-3. Подача бетонной смеси в приемную воронку бетонолитной трубы из автосмесителя

В СССР буронабивные сваи, устраиваемые по описанной технологии, изготавливаются диаметром 880—1200 мм, длиной до 35 м. При бетонировании скважин в процессе изготовления буронабивных свай всеми описанными выше способами используется литая бетонная смесь с осадкой конуса 16—20 см.

Выбор типа свайных фундаментов при проектировании определяется прежде всего технико-экономическими соображениями с учетом наличия соответствующих производственных и материальных ресурсов.

Рациональные случаи применения буронабивных свай:

1. Буронабивные сваи с уширениями и без них, устраиваемые без крепления или с креплением стенок скважин, рекомендуются для фундаментов зданий и сооружений любого назначения (производственные, общественные, жилые и др.) при больших сосредоточенных вертикальных и горизонтальных нагрузках, а также на площадках со сложными геологическими и другими условиями строительства, в том числе:

когда в пределах строительной площадки залегание плотных грунтов (несущий слой под нижними концами свай) резко меняет отметки;

при необходимости прорезки сваями насыпей с твердыми включениями (в виде остатков разрушенных частей каменных, бетонных, железобетонных конструкций и т. п.) или прорезки грунтов природного сложения (в виде твердых глинистых грунтов, слоев с часто встречающимися валунами и т. п., не позволяющих производить забивку или вибропогружение свай);

в стесненных условиях:

вблизи существующих зданий и сооружений, в которых могут возникнуть недопустимые деформации элементов несущих конструкции или оборудования при забивке или вибропогружении свай;

в оползневых районах;

буронабивные сваи, для устройства которых требуется крепление стенок скважин обсадными трубами, рекомендуется применять, когда строительные площадки сложены водонасыщенными неоднородными глинистыми грунтами текучей консистенции с прослойками песков и супесей.

Не рекомендуется использовать буронабивные сваи при наличии сильно агрессивных грунтовых или производственных вод.

2. Буронабивные сваи следует устраивать без крепления стенок скважин в тех случаях (дополнительно к перечисленным в п. 1), когда:

строительные площадки сложены глинистыми грунтами твердой, полутвердой и тугопластичной консистенции (в том числе глинистыми, просадочными и набухающими грунтами);

положение горизонта грунтовых вод в период строительства ниже пяты свай;

длина свай до 30 м.

3. При гражданском строительстве не рекомендуется применять буронабивные сваи, для устройства которых требуется крепление стенок скважин глинистым раствором или избыточным давлением воды в скважине.

§ 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВА БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ

1. По способу крепления стенок скважин:

установки, применение которых не требует специальных мер для крепления стенок скважин, а также установки, при бурении которыми стенки скважины удерживаются от обрушения избыточным давлением воды или глинистым раствором. При изготовлении буронабивных свай этим способом устье скважин крепится от обрушения металлическим обсадным патрубком;

оборудование, использование которого связано с защитой стенок скважин от обрушения обсадными трубами, неизвлекаемыми или инвентарными, погружаемыми в грунт и извлекаемыми тем или иным способом в зависимости от конструктивных особенностей бурового агрегата.

В обоих случаях при необходимости технологией работ может быть предусмотрено устройство уширения в нижней части скважины.

2. По методу бурения скважин, виду рабочих органов и способу транспортирования разбуренной породы из скважины:

вращательное бурение с периодическим извлечением разрушенного грунта в замкнутом объеме рабочего органа. Грунт разрушается резанием ножами, расположенными в нижней части рабочего органа. Привод его осуществляют при помощи буровой штанги или непосредственно двигателем, вынесенным к рабочему органу. По этому принципу работают некоторые механизмы для устройства уширений;

ударное бурение. В буровых установках, работающих по этому принципу, рабочими органами служат грейфер типа «Хаммер-Граб», долото и шарошка;

шнековое бурение:

а) рабочие органы с периодическим извлечением разбуриваемого грунта на поверхность, где они освобождаются от грунта под действием центробежной силы;

б) рабочие органы с непрерывным извлечением разбуриваемого грунта. В машинах, оснащенных рабочими органами такого типа, разрушенный грунт подается от забоя на поверхность по спирали шнека. При этом про-

цесс разрушения грунта в забое сочетается с транспортированием его на поверхность, что обуславливает более высокую производительность машин рассматриваемого типа по сравнению с машинами п. «а»;

вибробурение. Бурение скважины осуществляется погружением трубы с закрепленной снизу желонкой, которая упирается в специальные сухари, препятствующие ее перемещению вверх под влиянием реакции со стороны забоя. Труба погружается под действием виброимпульсов от вращающихся дебалансов. Последние располагаются вокруг трубы внутри встроенных камер хомута. Хомут может перемещаться вдоль трубы по мере ее погружения. После заполнения желонки разрушенным грунтом сухари отводятся в сторону и желонка извлекается на поверхность для опорожнения. Машины этого типа могут использоваться при устройстве фундаментов, для бурения на воду и при проведении изысканий.

Всасывающее бурение с обратной промывкой скважин. Машины этого типа целесообразно выделить в самостоятельную группу, так как проходка ими скважин обычно производится рабочими органами особой конструкции. Схема транспортирования разрушенной породы от забоя принципиально отличается от выше описанных схем. Стенки скважины удерживаются от обрушения гидродинамическим давлением столба воды в скважине или инвентарными обсадными трубами. Машины применяются при устройстве отдельных опор фундаментов, противофильтрационных стен и т. п. Работы могут вестись в несвязных, в глинистых и даже скальных грунтах.

3. По виду механизма перемещения:

при устройстве буронабивных свай используются следующие виды механизмов перемещения: гусеничный, пневматический; шагающий; железнодорожный; катки; понтоны; комбинированный.

Оборудование, применяемое для устройства буронабивных свай, может иметь электрический привод, двигатель внутреннего сгорания или паровой двигатель.

§ 3. КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАНОВОК ДЛЯ УСТРОЙСТВА БУРОНАБИВНЫХ СВАИ

Одним из требований, предъявляемых к современному буровому оборудованию, является его универсаль-

ность, позволяющая вести работы по устройству буронабивных свай в разнообразных грунтовых условиях одним станком. Поэтому многие из применяемых станков разбуривают грунт в скважине вращательным или ударным способом, ведут бурение с использованием обратной промывки скважины. Эти станки могут быть снабжены двигателем внутреннего сгорания и электродвигателем.

1. Отечественные буровые станки вращательного и ударного действия

Буровые станки типа СО конструкции Киевского проектно-конструкторского отдела института Гидропроект им. С. Я. Жук позволяют вести бурение скважин вращательным способом в сухих и маловлажных грунтах без крепления стенок скважин или в грунтах, обводненных с применением глинистого раствора. Рабочими органами станков служат шнековые колонны или ковшовые буры. Процесс бурения циклический.

Буровая установка СО-2 предназначена для изготовления буронабивных свай с уширенным основанием без использования обсадных труб. Установка состоит из двух основных частей: базовой машины — экскаватора Э-1252 (или гусеничного крана соответствующей грузоподъемности) с прикрепленной на нем стойкой и бурового навесного оборудования, подвижно соединенного со стойкой и выполненного в виде каретки с электроприводом. К выходному валу электропривода прикреплена телескопическая буровая шнековая колонна с очистителем и буровым инструментом, состоящая из двух секций, нижняя из которых имеет по всей длине шнековые лопасти.

Для уширения скважины вместо бурового инструмента устанавливают механический расширитель циклического действия, состоящий из бадьи с откидным днищем и укрепленными на ней раздвижными ножами. Ниже приведена техническая характеристика буровой установки СО-2.

Диаметр бурения скважины, мм	500—600
Диаметр уширения основания скважины, мм	1800
Максимальная глубина бурения, м	31
Электродвигатель привода:	
мощность, кВт	55
частота вращения, об/мин	1460

Частота вращения бурового инструмен- та, об/мин	43
Максимальный крутящий момент на выходном валу электродвигателя, Н·м .	20 972
Давление бурового инструмента на за- бой, Н	53 000
Скорость бурения скважины, м/ч . .	до 10
Базовая машина установки	экскаватор Э-1252
Вес изготавливаемого бурового навесно- го оборудования, Н	126 000
Габариты установки в рабочем поло- жении, м:	
высота	23
длина	11
ширина	3,2
Вес базовой машины, Н	383 000

Буровая установка СО-1200/2000 предназначена для устройства буронабивных свай с уширением основания, без применения обсадных труб.

Установка СО-1200/2000, подобно установке СО-2, состоит из базовой машины-экскаватора Э-1252 — стойкой, на которой подвижно установлен буровой рабочий орган, с электроприводом, выполненным в виде каретки, укрепленной на телескопической колонне. Электропривод присоединен к буровому ковшу и подвешен посредством блока на канате главного подъема экскаватора.

Днище бурового ковша укреплено на шарнире и в закрытом положении фиксируется защелкой. На днище бурового ковша смонтированы ножи для разрушения грунта в забое скважины. Разбуренный грунт поступает в окна забора в днище, которые закрыты подвижными клапанами (заслонками). Буровая колонна установки СО-1200/2000 телескопическая и состоит из трех секций. Внутренняя секция прикреплена к каретке, подвижно соединенной с направляющими стойками, а наружная присоединена к приводу. Таким образом, в процессе бурения скважины в пределах высоты стойки все секции находятся в сложенном положении, а при увеличении глубины бурения они автоматически выдвигаются и при подъеме вдвигаются одна в другую. Электропривод установки СО-1200/2000 выполнен в виде моторедуктора с двухступенчатой планетарной передачей, заключенной в герметический колокол. Колокол в нижнем торце име-

ет отверстия, через которые может проходить жидкость при погружении привода в глинистый раствор или воду. По мере погружения жидкость поднимается в колоколе до определенного предела, что обеспечивает незатопляемость редуктора и электропривода.

Техническая характеристика буровой установки СО-1200/2000

Диаметр бурения скважины, мм	1000—1200
Диаметр уширения основания скважины, мм	до 3000
Максимальная глубина бурения, м	24
Максимальный крутящий момент на выходном валу электродвигателя привода, Н·м	68 600
Давление бурового инструмента на забой, Н	90 000
Скорость бурения скважины, м/ч	до 8
Базовая машина установки	экскаватор Э-1252
Вес изготавливаемого бурового навесного оборудования, Н	156 000
Вес буровой машины, Н	383 000
Габариты установки в рабочем положении, м:	
высота	16
длина	11
ширина	3,2

Буровая установка СО-1200 предназначена для устройства буронабивных свай с уширением основания без обсадных труб. Для крепления устья скважины от обрушения применяется кондуктор с обсадным патрубком.

Установка СО-1200 включает базовую машину — кран МКГ-25 или ДЭК-251, на крюке которого подвешен рабочий орган, выполненный в виде буровой штанги. На нижнем конце ее укреплен электропривод с буровым ковшом.

Для стабилизации электропривода от реактивного бурового момента на нем подвижно укреплен кожух со шпонками и кареткой, свободно перемещаемой по шпонкам и корпусу кожуха. На каретке имеются торцовые выступы, взаимодействующие с выступами на обсадном патрубке, подвижно связанном с кондуктором, который устанавливается над устьем скважины.

Рабочим органом установки является ковшовый бур с откидным днищем. Для проходки скважины при нали-

чий твердых включений может быть применено ударное долото или грейфер как сменное оборудование.

Отличительной особенностью установки является возможность свободно подвесить рабочий орган на крюке крана, что позволяет использовать в качестве базовой машины любые краны соответствующей грузоподъемности, а также обеспечить вертикальность проходки скважины независимо от положения крана.

Установки СО-2, СО-1200/2000 и СО-1200 выпускаются серийно Можайским экспериментально-механическим предприятием объединения Гидроспецстрой и Днепровским механическим заводом Главэнергостроймеханизации Министерства энергетики и электрификации СССР.

Буровой станок СП-45. На основе технических требований НИИ оснований ВНИИСтройдормашем Минстройдормаша СССР разработана конструкция бурового станка СП-45. Он предназначен для проходки скважин под защитой инвентарных обсадных труб при устройстве буронабивных свай практически в любых грунтовых условиях.

Основными рабочими органами бурового станка служат обсадная труба, снабженная режущей коронкой для разрыхления разрабатываемого грунта; ударный одноканатный грейфер или плавунный клапан для разработки грунта в скважине, а также набор долот для проходки скальных включений. Кроме того, станок СП-45 оснащается уширителем, плавунными клапанами, бетонолитной трубой и контейнерами для бетона.

Станок состоит из следующих основных узлов: платформы и ходовой части с механизмами, центрующей платформы, мачты, хомута, центрирующей каретки, гидравлического механизма возвратно-вращательного движения обсадных труб, гидравлического механизма зажима обсадных труб, аутригеров.

Погружение обсадных труб производится механизмом, сообщаящим возвратно-вращательные и поступательные движения. Заданное направление поступательного движения трубы осуществляется хомутом центрирующей платформы и центрирующей кареткой.

Техническая характеристика бурового станка СП-45

Диаметр бурения, мм	720—1220
Глубина бурения, м	до 60
Усилие погружения трубы, Н .	200 000— 250 000

Усилие извлечения трубы, Н	до 900 000
Базовая машина	экскаватор Э-10011А
Скорость подъема рабочего оборудования, м/с	1
Среднее удельное давление на грунт (без рабочего оборудования и обсадных труб), МПа	0,118
Привод исполнительных механизмов, кроме хода и лебедок	гидравлический
Максимальное рабочее давление в гидросистеме, МПа	14,5
Максимальный расход жидкости, м/мин	190
Максимальный крутящий момент на хомуте (обсадной трубе), Н·м	600 000
Рабочее оборудование	сменное (грейферы, обсадные трубы, плывунные клапаны, долота, бетонолитная труба, контейнеры для бетона)
Ход механизма погружения трубы, мм	600
Число двойных качаний хомута в 1 мин	3
Мощность силовой установки (электродвигатель МА-36-42/4ф) кВт	75
Габариты, м:	
в рабочем положении:	
длина	9,43
ширина	4,78
высота	15
в транспортном положении:	
длина	18,2
ширина	3,8
высота	3,4
Вес станка (без рабочего оборудования и обсадных труб), Н	443 000

Буровые станки СП-45 выпускаются серийно с 1972 г. костромским экскаваторным заводом «Рабочий металлист».

Буровой станок МБС-1.7. Для устройства буронабивных свай с уширением основания в любых грунтовых условиях с креплением стенок скважин глинистым раствором или избыточным давлением воды применяется буровой станок МБС-1.7. Он выпускается Одинцовским опытно-экспериментальным заводом Главстроймеханизации Минтрансстроя СССР.

Для укрепления устья скважин в комплекте оборудования предусмотрен инвентарный обсадной патрубков длиной 2—5 м. Базовой машиной бурового станка является серийно выпускаемый кран-экскаватор Э-1258Б, оснащенный консольной площадкой с ротором-вращателем, сквозь который проходит телескопическая квадратная штанга, с укрепленным на нем рабочим органом (ковшовым, шнековым бурами, уширителем).

На станке, кроме того, смонтирована дополнительная стрела, через которую к грейферной лебедке подвешивается рабочий орган для ударного бурения (грейфер, долото). Для перехода от вращательного бурения к ударному станок разворачивается на поворотной платформе на 180°.

Грунт в скважине при вращательном способе бурения разрабатывается ковшовым буром, снабженным режущими ножами, смонтированными на откидном днище ковша. По мере наполнения ковш извлекается на поверхность.

Основная отличительная особенность станка МБС-1.7—принудительная подача рабочего органа на забой, а также возможность быстрого перехода от одного вида бурения к другому. Ниже дана техническая характеристика бурового станка МБС-1,7.

Диаметр ствола сваи, м	1,3 и 1,7
Диаметр уширения, м	до 3,5
Способы бурения	вращательный, ударный
Глубина бурения вращательным способом, м	до 28
Базовая машина	кран-экскаватор Э-1258Б
Крутящий момент ротора, Н·м	96 530 .
Частота вращения ротора, об/мин	8,4
Усилие принудительной подачи рабочего органа на забой, Н	до 18 000
Мощность электродвигателей ротора, кВт	80
Мощность дизельного двигателя, кВт	88
Производительность станка при вращательном бурении, м/ч	4—5
Вес станка с навесным оборудованием, Н	62 000

Техническая характеристика станков ударно-канатного бурения

Показатель	УКС-20С	УКС-22М	УКС-30М	ГС-1М
Максимальная глубина бурения, м	300	300	500	300
Максимальный диаметр бурения, мм	500	600	900	300
Грузоподъемность барабана, т:				
инструментального	1,5	2	3	5
желоночного	1	1,3	2	1
талевого	—	1,5	3	—
Число ударов бурового станка в 1 мин	40, 45, 50	40, 45, 50	40, 45, 50	48—55
Высота подъема бурового снаряда над забоем, мм:				
наибольшая	1000	1000	1000	1000
наименьшая	450	350	500	500
Грузоподъемность мачты, т	5	12	25	—
Способ передвижения станка	Колесный ход	На пневмоходу прицепной		Гусеничный ход
Габариты в рабочем положении, мм:				
длина	5,8	5,8	6,2	7,07
ширина	1,85	2,29	2,64	3,46
высота	12,3	12,7	16,3	15,05
Высота мачты (в рабочем положении) от устья скважины до центра оси, м:				
инструментального ролика	12	12,25	16	—
желоночного ролика	12	12,25	16	—
Электродвигатель:				
тип	МА-204-1/6	АО-73-6	АО-93-8	—
мощность, кВт	25,5	20	40	55
Вес станка, Н	61 800	76 000	127 000	240 000

Буровые станки ударного бурения УКС и БС. Для проходки скважин при устройстве буронабивных свай в различных видах грунтов, в том числе и скальных, применяются станки ударно-канатного бурения УКС-20С, УКС-22М, УКС-30М, БС-1М. При бурении скважины защищаются от обрушения глинистым раствором, избыточным давлением воды и обсадными трубами.

Бурят скважины станками ударно-канатного бурения при помощи желонки и долот различных конструкций. Разбуренный грунт удаляется из скважины желонками.

В табл. VI-1 приведены технические характеристики некоторых станков типа УКС и БС.

Станки при незначительных переделках позволяют бурить скважины при изготовлении буронабивных свай диаметром до 1,5 м.

Буровые станки типа БС выпускаются Бузулукским заводом тяжелого машиностроения.

Кроме вышеперечисленного оборудования при изготовлении буронабивных свай иногда используют буровые станки БТС-2, УРБ-ЗАМ, СБУ-300-ЗИВ, УГБХ-150, КАМ-500 и другие с некоторыми усовершенствованиями.

Буровые станки вращательного и ударного бурения получили широкое применение за рубежом. Ряд фирм Франции, Японии, Великобритании, США, ФРГ выпускают оборудование, предназначенное для изготовления буронабивных свай. Ведущими по производству такого оборудования являются фирмы «Беното», «Солетанж» — Франция; «Като» и «Мицубиси» — Япония; «Бритиш стил пайлинг» и «Калуэлд» — Великобритания; «Баде», «Зальцгиттер» и «Хохштрассе-Вайсе» — ФРГ; «Калуэлд» и «Мак-Киней» — США и ряд других.

2. Конструкции и технические характеристики некоторых буровых станков зарубежных фирм, применяемых в СССР

Буровые станки фирм Франции. Заводами фирмы «Беното» выпускаются буровые станки нескольких типов, предназначенные для бурения скважин при устройстве буронабивных свай ударным (основной) и вращательным способами. Одним из них является станок

«Супер ЭДФ» (рис. VI-4). Основной рабочий орган станка — одноканатный грейфер, краткая характеристика которого приведена в табл. VI-2. Некоторые модели станка оборудованы приставкой для вращательного бу-

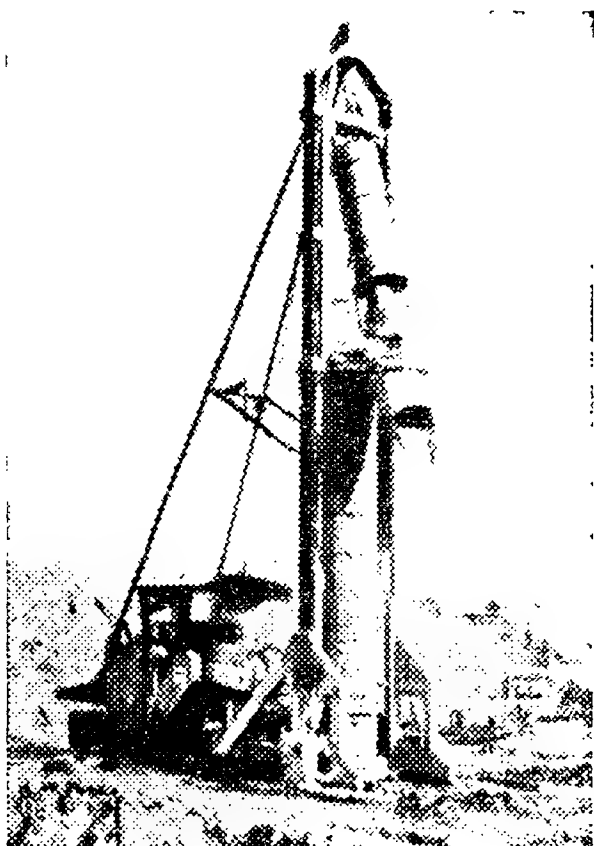


Рис. VI-4. Буровой станок «Супер ЭДФ» фирмы «Беното»

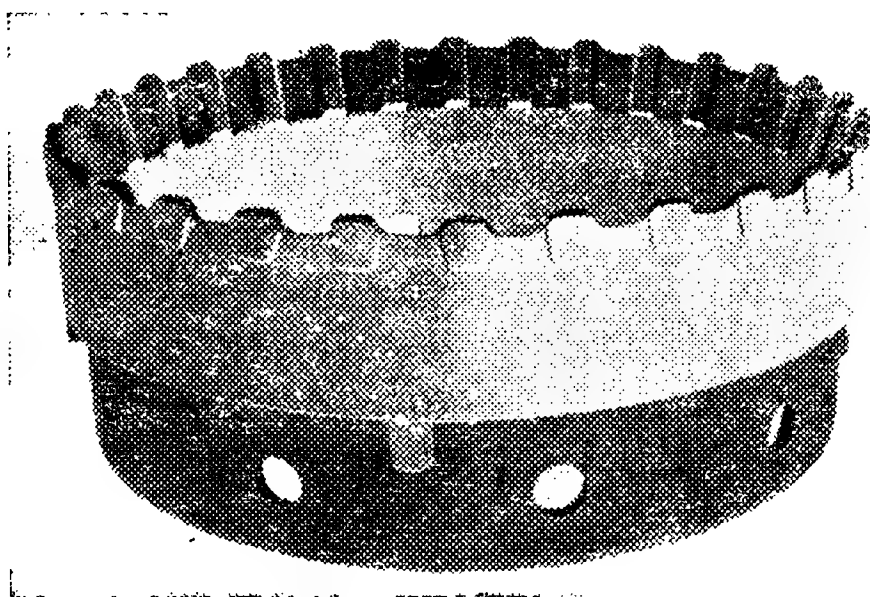


Рис. VI-5. Режущая фреза обсадной трубы

рения. В этом случае рабочими органами служит шнековый или ковшовый бур. Станок снабжен гидравлическим механизмом перемещения системы «Нерпа» (Отари) и поворота инвентарной обсадной трубы. Основной рабочий орган станка — грейфер «Хаммер-Граб» — снабжается сменными челюстями в зависимости от вида и характера разрабатываемых грунтов.

Инвентарные стальные обсадные трубы выпускаются секциями длиной 2, 4, 6 м. Стык секций труб осуществляется при помощи саморасклинивающихся болтов специальной конструкции. Колонна обсадных труб в нижней части снабжена режущей фрезой с зубьями различной прочности в зависимости от типа разрабатываемых грунтов (рис. VI-5).

Фирмой «Беното» станки комплектуются плавунными клапанами-желонками для проходки водонасыщенных рыхлых песков и механическими расширителями конструкции «Сегби». Ниже приведена техническая характеристика станка «Супер ЭДФ».

Вес станка (без обсадных труб), Н	320 000
Габариты, м:	
в рабочем положении:	
длина	8,7
ширина	3,65
высота	13,5
в транспортном положении:	
длина	12,35
ширина	2,5
высота	3,8
Мощность дизеля, кВт	135—150
Частота вращения вала двигателя, об/мин	1800
Грузоподъемность лебедок, кг:	
главной	2500
вспомогательной	1000
Диаметры обсадных труб (внутренний/наружный), мм:	660/670, 800/880, 890/970, 1000/1080, 1100/1180
Длина обсадных труб, м	2, 4, 6
Вес грейфера, Н	11 500—14 150

Буровые станки фирм Японии. Японская фирма «Като» Works C°LTD производит буровые станки различных конструкций, предназначенные для устройства буронабивных свай в любых грунтовых условиях. Основным исполнительным органом станков фирмы является ротор, позволяющий вести бурение вращательным способом с применением шнековых или ковшовых буров. Кроме того, станки оснащаются сменными рабочими органами,

Т а б л и ц а VI-2
Характеристика грейферов по их весу и высоте

Тип грейфера	Показатели грейфера при размахе челюстей, мм							
	580		750		850		950	
	вес, Н	высота, м	вес, Н	высота, м	вес, Н	высота, м	вес, Н	высота, м
Сверххармиро- ванный	11 150	2,63	12 900	2,71	14 500	2,82	15 900	2,87
Повышенной вместительно- сти	11 300	2,9	13 600	3,14	14 150	3,17	14 750	3,22
С режущими зубьями	—	—	11 950	3,01	13 700	3,25	14 150	3,28

такими, как грейферы типа «Хаммер-Граб», желонки и долота, а некоторые модели, например буровой станок серии 50ТН, снабжены приспособлением для всасывающего бурения скважин с обратной промывкой. Буровые станки фирмы «Като» выпускаются на гусеничном ходу. Наиболее известны станки фирмы «Като» модели 15Н, 20Н, 20ТН, 50ТН. Ниже дана техническая характеристика бурового станка 20ТН.

Вес с полным оснащением, Н	270 000
Габариты, м:	
в рабочем положении:	
длина	7,71
высота	14,5
ширина (без аутригеров)	3,7
в транспортном положении:	
длина (без стрелы)	7,7
высота	3,15
ширина (без хомута)	2,82
Скорости перемещения при частоте вращения вала двигателя 1500 об/мин, км/ч:	
I	0,51
II	0,9
III	1,7
Привод:	
дизельные двигатели	2
емкость топливного бака, л	600
аутригеры гидравлические	4
укосины	2
Лебедки (барабанного типа)	2
Грузоподъемность лебедки, т	3,3
Диаметр бурения, мм	1200

Внутренний диаметр гидравлического хомута, мм	1220
Внутренний диаметр ротора, мм	1350
Частота вращения зубчатого колеса ротора, об/мин:	
II скорость	7,5
III »	14,1
IV »	27,4
Длина телескопической штанги, м	27

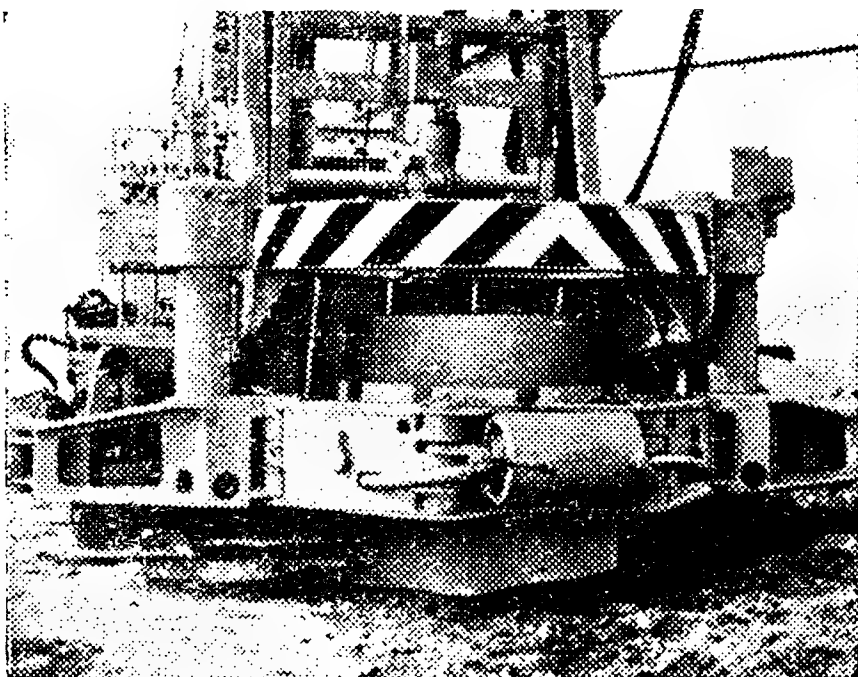


Рис. VI-6. Буровой станок 20TH фирмы «Като»

Станки модели 20TH (рис. VI-6) оснащены гидравлическим устройством для вдавливания и вращения инвентарных труб, аналогичным применяемому в станках французской фирмы «Беното».

Для станков, выпускаемых фирмой «Като», характерно использование телескопических буровых штанг.

§ 4. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ

Существующие методы контроля качества изготовления буровых свай можно подразделять на три основные группы; для контроля качества изготовления скважин, для контроля качества укладки бетонной смеси, для оценки качества бетона ствола сваи после ее изготовления.

Контроль качества изготовления скважин осуществляется визуально с помощью переносной электролампы, опускаемой в скважину. На строительстве Камского автомобильного комплекса для такого контроля была использована телевизионная камера. Оба эти метода применимы лишь при устройстве свай, если в скважине нет воды. При изготовлении свай под водой или глинистым

раствором для контроля качества скважины используются шаблоны различных конструкций, позволяющие судить об изменении диаметра скважины и наличии местных вывалов грунта из ее стенок и уширений.

В процессе укладки бетонной смеси в скважину контроль за ходом заполнения ее бетоном производится несколькими способами. Принцип этих способов заключается в определении объема бетонной смеси, уложенной в скважину, и соответствии его объему самой скважины.

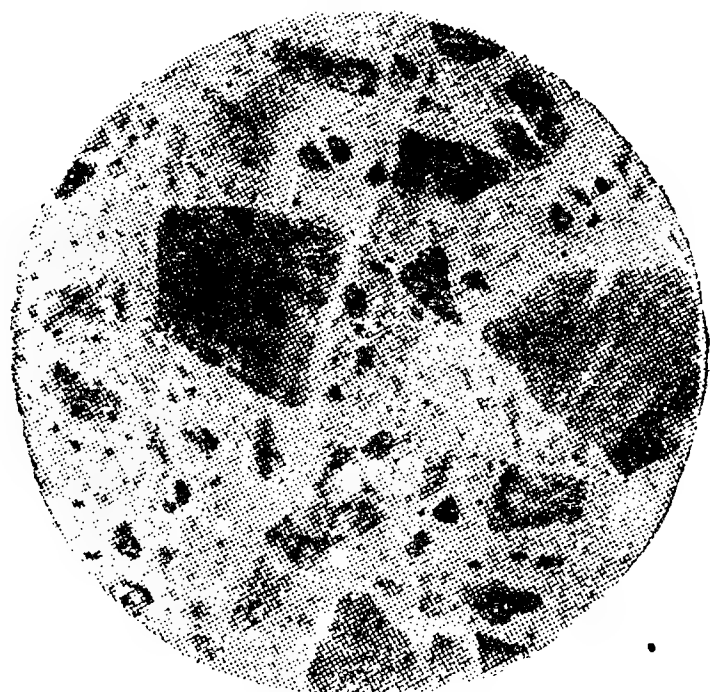


Рис. VI-7. Торец бетонного керна, выбуренного из ствола буронабивной сваи

Методы контроля качества изготовленных буронабивных свай делятся на две основные группы. Методы, требующие частичного разрушения бетона в стволах свай, и так называемые неразрушающие методы, применение которых не связано с нарушением целостности стволов свай.

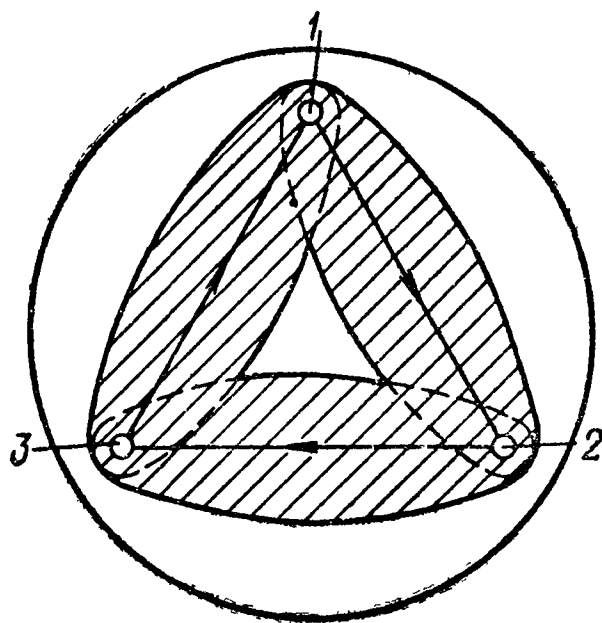
Основным способом первой группы является метод отбора бетонных кернов из тела сваи (рис. VI-7) бурением ствола ее колонковым способом и последующим испытанием кернов на прочность. Этот метод хотя и не дает возможности оценить качество изготовления ствола буронабивных свай в пределах всего ее сечения, является наиболее надежным, так как позволяет определить прочность бетона по длине ствола сваи и судить о качестве бетонирования в целом. Метод, однако, имеет существенные недостатки: высокая стоимость и низкая скорость бурения бетона.

Для косвенной оценки прочности бетона стволов буронабивных свай служит способ отбора образцов бетона при укладке смеси в скважину. Из каждой порции бетонной смеси, укладываемой в скважину, отбираются

образцы и изготавливаются контрольные бетонные кубики размером $20 \times 20 \times 20$ см. Кубики должны храниться и набирать прочность на специальных поддонах в особой скважине на глубине, примерно соответствующей местонахождению порции бетона уложенной в тело сваи, из которой они отобраны. После достижения контрольными образцами 28-дневного возраста они испытываются на прочность. Этот метод контроля нельзя считать достаточно надежным в связи с тем, что техника укладки бе-

Рис. VI-8. Схема расположения трубок при методах ультразвуковом и гамма-каротаже

1—3 — трубки



тонной смеси в скважину, ее уплотнение и условия твердения бетона в теле сваи существенно отличаются от способа изготовления контрольных бетонных кубиков.

К неразрушающим методам контроля относятся ультразвуковой, гамма-каротаж, а также динамический. За рубежом (во Франции, США, Японии, Чехословакии и других странах) применяются эти методы. Ультразвуковой каротаж используется для контроля однородности бетона в сваях, мостовых устоях и других сооружениях. Для осуществления такого метода контроля в сваю заранее на всю ее длину закладываются металлические или пластмассовые трубки определенного диаметра для размещения ультразвукового преобразователя. Обычно в сваю закладываются три трубки (рис. VI-8). Заштрихованная на рисунке часть сечения сваи представляет собой контролируемую зону.

Сущность метода ультразвукового каротажа состоит в контроле сплошности бетона, заключенного между трубками. Присутствие на пути волн каких-либо дефектов в бетоне уменьшает скорость прохождения ультразвукового импульса, амплитуду и изменяет форму принимаемого сигнала. Интерпретация результатов основана

на сравнении обнаруженных аномалий с теми, которые были зарегистрированы в изготовленных опытных сваях, имевших известные типичные дефекты.

Метод гамма-каротажа выполняется по такой же схеме. При его осуществлении вместо ультразвукового генератора применяются радиоизотопы.

Динамический контроль проводится с помощью механического молота. Конструкция молота обеспечивает сброс ударной части с фиксированной высоты. Молот имеет автоматический захват для остановки ударной части после ее подскока в мертвой точке, что дает возможность исключить передачу энергии испытываемой конструкции от повторного удара.

При проведении испытаний по контролю качества буронабивных свай используется комплект оборудования, включающий молот, вибрографы и самопишущий осциллограф.

Интерпретация результатов динамических испытаний по контролю качества бетона буронабивных свай основана на сравнении их с данными, полученными на эталонных сваях, имеющих заранее заданные дефекты.

§ 5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ СТЕНЫ В ГРУНТЕ И СПОСОБЫ ЕЕ УСТРОЙСТВА

1. Общие сведения

Стена в грунте является особым видом подземных сооружений, применяемых в строительстве различных зданий промышленного и гражданского назначения. Стена в грунте может быть использована в качестве несущей или ограждающей конструкции, противофильтрационной завесы и в ряде других случаев.

Материалом для изготовления стен в грунте служат бетон, железобетон, грунт, цементно-глинопесчаные растворы, битумные смеси и т. п. в зависимости от ее назначения и характера работы сооружения.

Формы стен в грунте и их размеры также определяются их назначением (рис. VI-9) и, кроме того, применяемым при изготовлении стен в грунте оборудованием и способом их устройства. В практике строительства наиболее распространены два типа конструкций стен в грунте — свайные, образованные секущимися буронабивными сваями, и траншейные. Толщина свайных стен

составляет, как правило, 0,5—2 м, а глубина может достигать 80 м. Толщина траншейных стен может быть 0,2—1 м, а глубина их редко превышает 15—20 м.

При изготовлении свайных стен применяют отечественное или импортное оборудование, например станки «Беното», которые позволяют устраивать стены методом секущихся свай. Под защитой обсадных труб изготавливаются две буронабивные сваи с расстоянием между ними

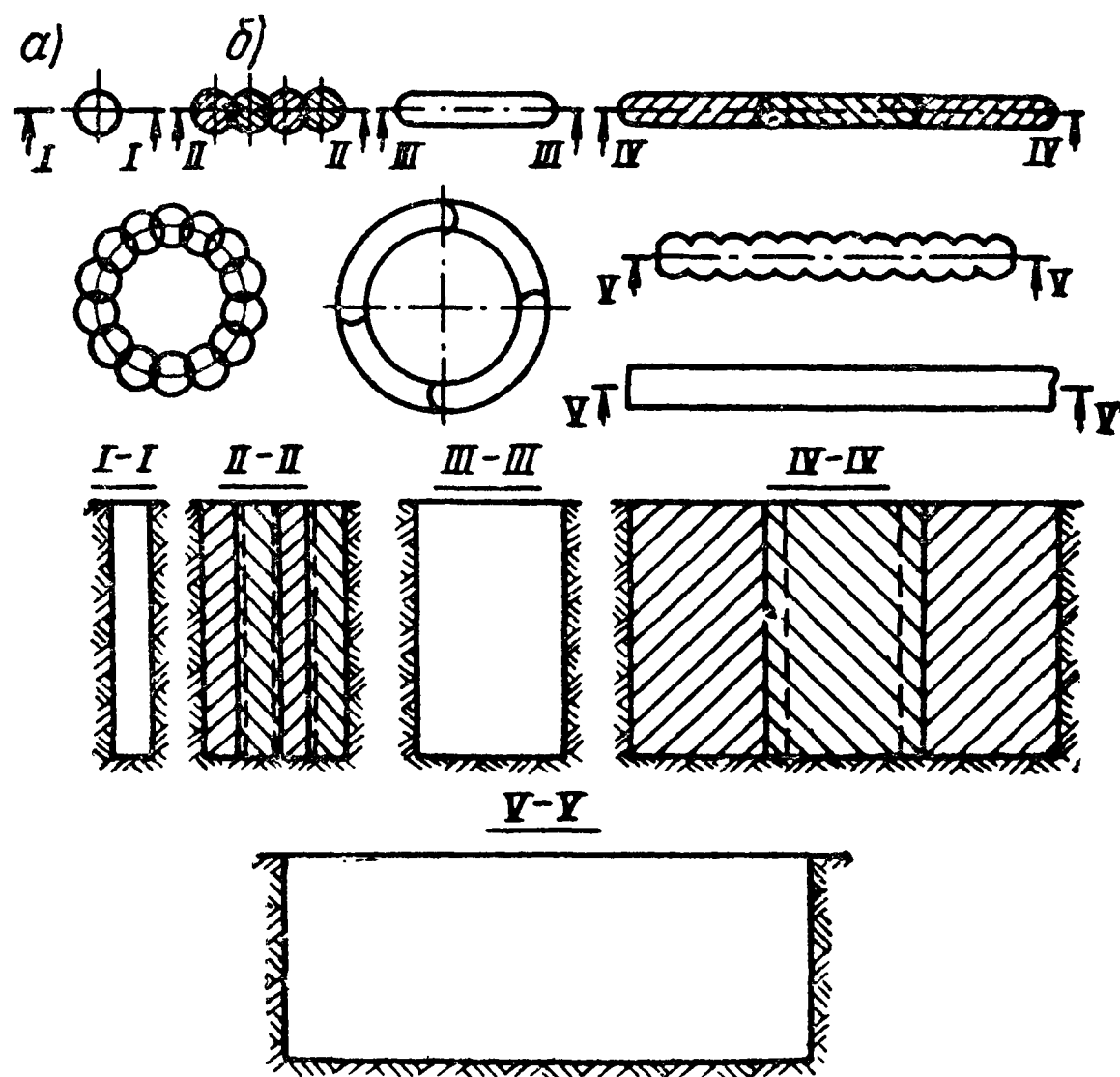


Рис. VI-9. Конструкция бетоно-свайных и траншейных противодиффузионных завес

а — отдельная скважина — свая; б — прямолинейная стенка

в свету менее одного диаметра свай. После этого бурится скважина между ними, захватывая часть сечения уже изготовленных свай, причем бурение для упрощения производства работ ведется по свежесхватившемуся бетону. После окончания бурения скважина бетонируется, завершая изготовление участка стены. При необходимости сваи в стене могут быть армированы металлическим каркасом.

Обычно образование и заполнение выемки с сохранением при этом вертикальности и целостности стенок обеспечивается применением тиксотропных глинистых раство-

ров. Кроме обеспечения устойчивости стенок выемки глинистый раствор используется для транспортирования разрабатываемой породы на поверхность. В связи с этим, рассматривая оборудование для разработки траншей, бурения скважин и бетонирования при устройстве стен в грунте необходимо также иметь некоторые сведения об оборудовании для приготовления, очистки и транспортирования глинистого раствора.

При устройстве стен в грунте кроме машин и оборудования для приготовления и очистки глинистых растворов, для проходки скважин и траншей необходимо оборудование для заполнения скважин и траншей тем или иным материалом.

2. Оборудование для приготовления и очистки глинистых растворов

Для приготовления глинистых растворов применяются лопастные растворосмесители и быстроходные турбинные растворомешалки типа РМ. В последнее время появились турбулентные растворосмесители типа С. Краткая характеристика растворосмесителей приведена в табл. VI-3. При приготовлении глинистых растворов используются также и глиномешалки различных типов.

Глиномешалки Г-2-П-2-4 и МГ-2-4 применяются для приготовления глинистых, цементно-песчаных, цементно-

Т а б л и ц а VI-3

Техническая характеристика растворосмесителей

Показатель	Марка			
	С-868	ЛРМ-350	РМ-500	РМ-750
Емкость, л	65	350	500	750
Частота вращения смесительного органа, об/мин	600	56	500	570
Электродвигатель:				
тип	—	АО-32-4	АО-52-6	АО-52-4
мощность, кВт . . .	2,8	1	4,5	7
Габариты, мм:				
длина	1475	1200	1500	2000
ширина	595	1200	1400	1100
высота	815	1200	1300	1000
Вес, Н	1340	2000	3500	5120

глинистых, цементно-песчано-глинистых и других растворов. Принцип действия и конструкции их аналогичны. Глиномешалка МГ-2-4 представляет собой барабан сварной конструкции емкостью 4 м³, вдоль которого проходят два параллельно расположенных и вращающихся в разные стороны рабочих вала с лопастями для размельчения глины и размешивания раствора. Готовый раствор сливается через клапан, предусмотренный в нижней части глиномешалки.

Очистка глинистых растворов осуществляется следующими механизмами.

Глинистый раствор очищается от крупных минеральных частиц виброситами типа СВ. Для тонкой очистки глинистого раствора, а также для регенерации утяжеленных глинистых растворов используются ситогидроциклонные установки, полностью удаляющие из глинистого раствора частицы размером 0,1 мм, а также значительное количество частиц размером 0,05 мм.

3. Приборы для контроля качества глинистых растворов

Качество приготовления глинистых растворов проверяется в лаборатории ЛГР-3. В комплект оборудования лаборатории входит ареометр АГ-2, вискозиметр СПВ-5, отстойник ОМ-2, прибор ВМ-6, цилиндр ЦС-2, мерный цилиндр, пробоотборник ПТР-1, а также лабораторная посуда, термометр, секундомер и инструкции по применению перечисленных приборов.

Для измерения статического напряжения сдвига глинистых растворов служит переносной прибор СНС-2.

4. Машины и оборудование для устройства свайных и траншейных стен в грунте

Для проходки скважин при устройстве стен в грунте, состоящих из секущихся свай, могут быть использованы практически все буровые машины, применяемые для устройства буронабивных свай, описанные в главе VI. Наибольшее распространение при устройстве стен в грунте и противофильтрационных завес в СССР получили станки ударно-канатного бурения, такие, как

УКС-22М, УКС-30М, БС-1М. Схема устройства бетоносвайных стен показана на рис. VI-10.

Устройство непрерывных траншейных стен и противофильтрационных завес для отрывки траншей осуществляется драглайнами, грейферами (разработанными «Фундаментпроектом», НИИСП Госстроя СССР и др.), машинами ВНИИГС, ВНОГЕМ.

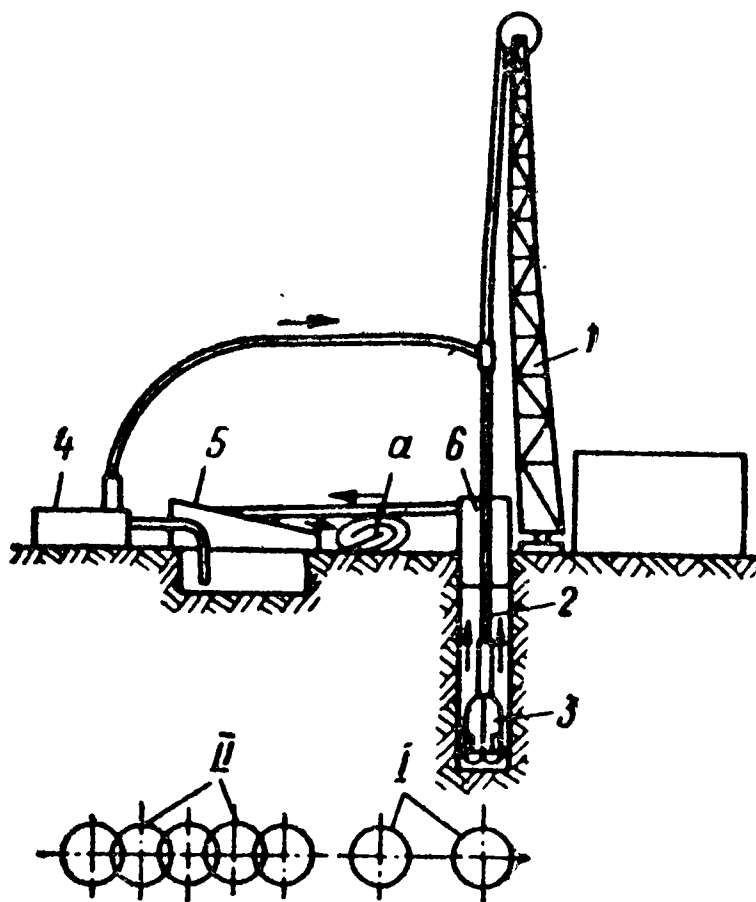


Рис. VI-10. Схема устройства свайных стен

а — выбуренная порода; 1 — буровой станок; 2 — штанга; 3 — долото; 4 — насос; 5 — вибрационное сито; 6 — направляющая труба; I — скважины первой очереди; II — скважины второй очереди

В энергетическом строительстве бурение скважин, образующих непрерывную траншею производит агрегат СВД-500, разработанный Киевским проектно-конструкторским отделом института Гидропроект. Агрегат предназначен для устройства стен различного назначения; он выпускается Челябинским механическим заводом Главэнергостроймеханизации предприятием Министерства энергетики и электрификации СССР.

Агрегат СВД-500 состоит из следующих основных частей: экскаватора Э-505 (или Э-652) со снятой стрелой, рамы, направляющего шаблона, эрлифтной системы, а также бурового агрегата, который представляет собой электробур со встроенным приводом. Для выполнения работ агрегатом необходимо также иметь два компрессора ДК-9 и глиномешалку МГ-2-4. Общий вес

агрегата 480 000 Н. Ниже приведена техническая характеристика агрегата СВД-500.

Ширина траншеи, мм	480—500
Глубина, м	до 20
Производительность, м/ч	0,5—2
Мощность привода буровой машины, кВт	94
Частота вращения бура, об/мин	256
Вес буровой машины, Н	24 500
Производительность эрлифта, м³/ч	300—600

Выбуренная агрегатом непрерывная траншея для бетонирования разделяется на отдельные элементы с помощью трубчатого разделительного шаблона, извлекаемого после твердения бетона. Методы бетонирования аналогичны применяемым при других способах устройства стенок.

5. Оборудование для устройства траншейных стенок, применяемое за рубежом

Метод ELSE основан на использовании специально-го скреперного ковша, передвигающегося по жесткой направляющей мачте (рис. VI-11). Направляющая мачта

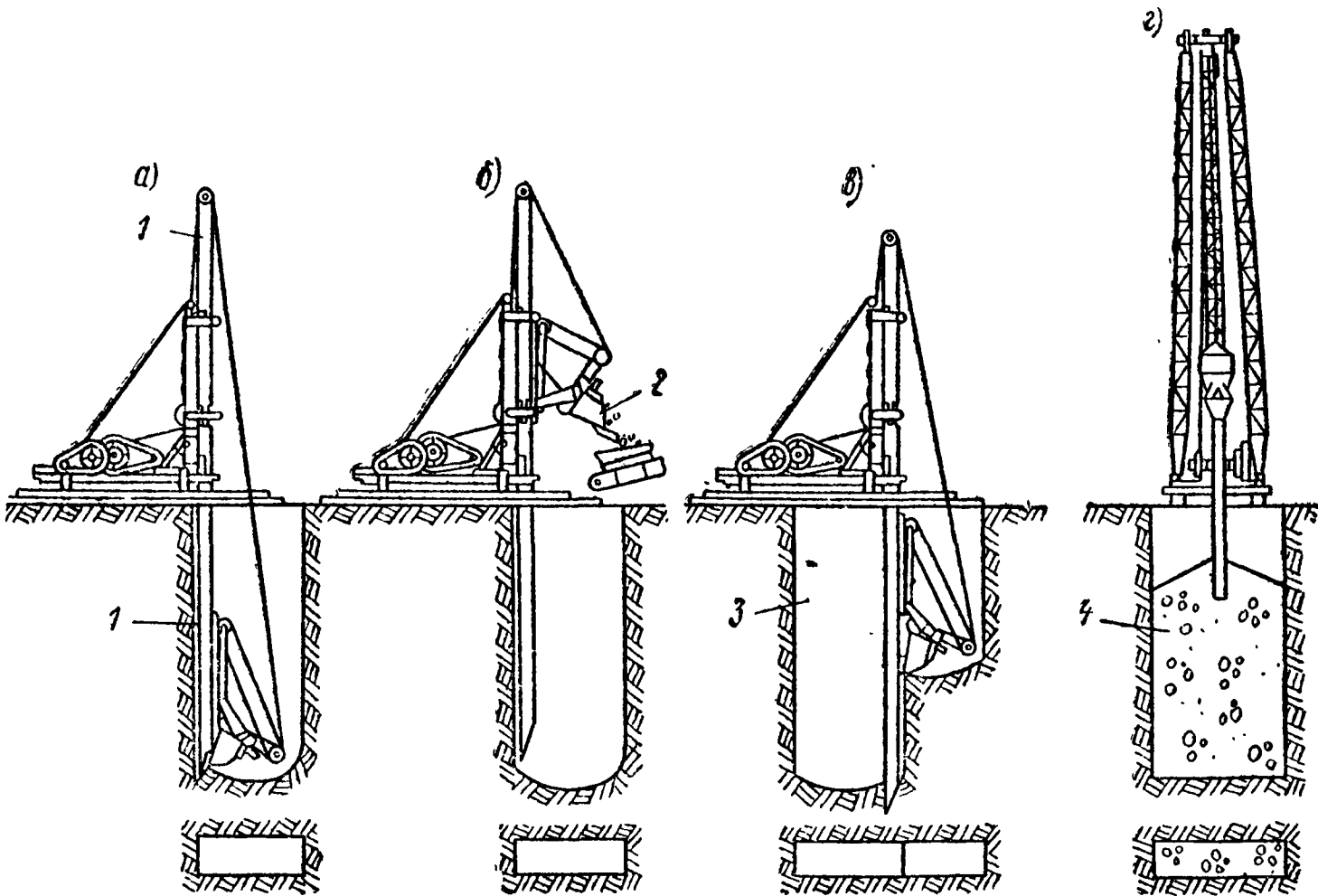


Рис. VI-11. Схема сооружения траншей методом ELSE

а, б — разработка траншеи; в — разработка удлинения траншеи; г — бетонирование; 1 — направляющая мачта; 2 — скреперный ковш; 3 — бентонитовый раствор; 4 — бетон

опускается в траншею по мере ее разработки. При необходимости мачта может разбивать крупные включения породы. Грунт вынимается ковшом из-под бентонитового раствора. Ширина траншеи определяется размерами ковша и может достигать 0,4; 0,5; 0,7; 0,8 м. Максимальная глубина траншеи 25 м. Траншеи чаще всего разрабатываются секциями длиной 3—6 м, но можно, переставляя агрегат, прорезать и непрерывную траншею.

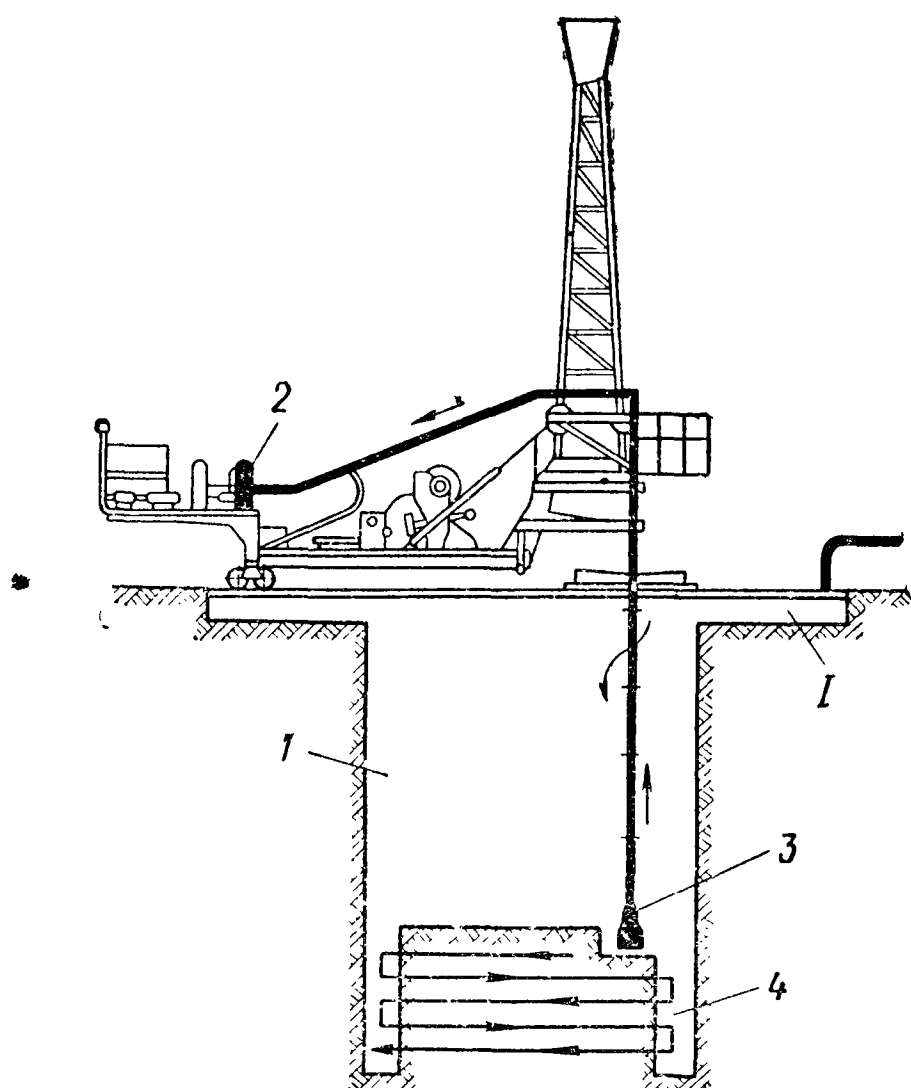


Рис. VI-12. Схема бурения траншей методом «Радио — Маркони»

1 — бентонитовый раствор; 2 — насос; 3 — долото; 4 — опережающие скважины; 1 — пионерная траншея. Последовательность разработки показана стрелками

Преимущество метода — отсутствие шума и вибраций. Однако валуны и крепкие породы являются серьезным препятствием и ограничивают применение этого метода.

Метод «Радио — Маркони» (или «Советанж») основан на ударном принципе бурения снарядом, совмещенным с эрлифтом (рис. VI-12). После выемки пионерной траншеи и заполнения ее бентонитовым раствором бурят по краям траншеи на полную глубину направляющие скважины. Затем буровая машина перемещается вдоль оси траншеи и слоями разрабатывает грунт. Бурение происходит с обратной циркуляцией глинистого раствора. Ударное бурение производится долотом, скользящим по неподвижной колонне всасывающих труб. Выбуренная порода и раствор подаются на очистную систему (вибро-

сита и гидроциклоны) центробежным насосом. Буровая машина перемещается по рельсам и может делать траншеи прямолинейные и криволинейные в плане. Стенка возводится бурением и бетонированием вначале траншеи первой очереди с последующим замыканием оставшихся промежутков элементами второй очереди. Бетон укладывают способом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ). Французская фирма «Солетанж» выпускает специальные агрегаты для проходки траншей и скважин. Техническая характеристика наиболее распространенного агрегата CLS-58, следующая:

Глубина бурения скважин, м	до 150
Ширина траншеи, м	0,5—1,2
Грузоподъемность лебедок, кг	2000 и 2500

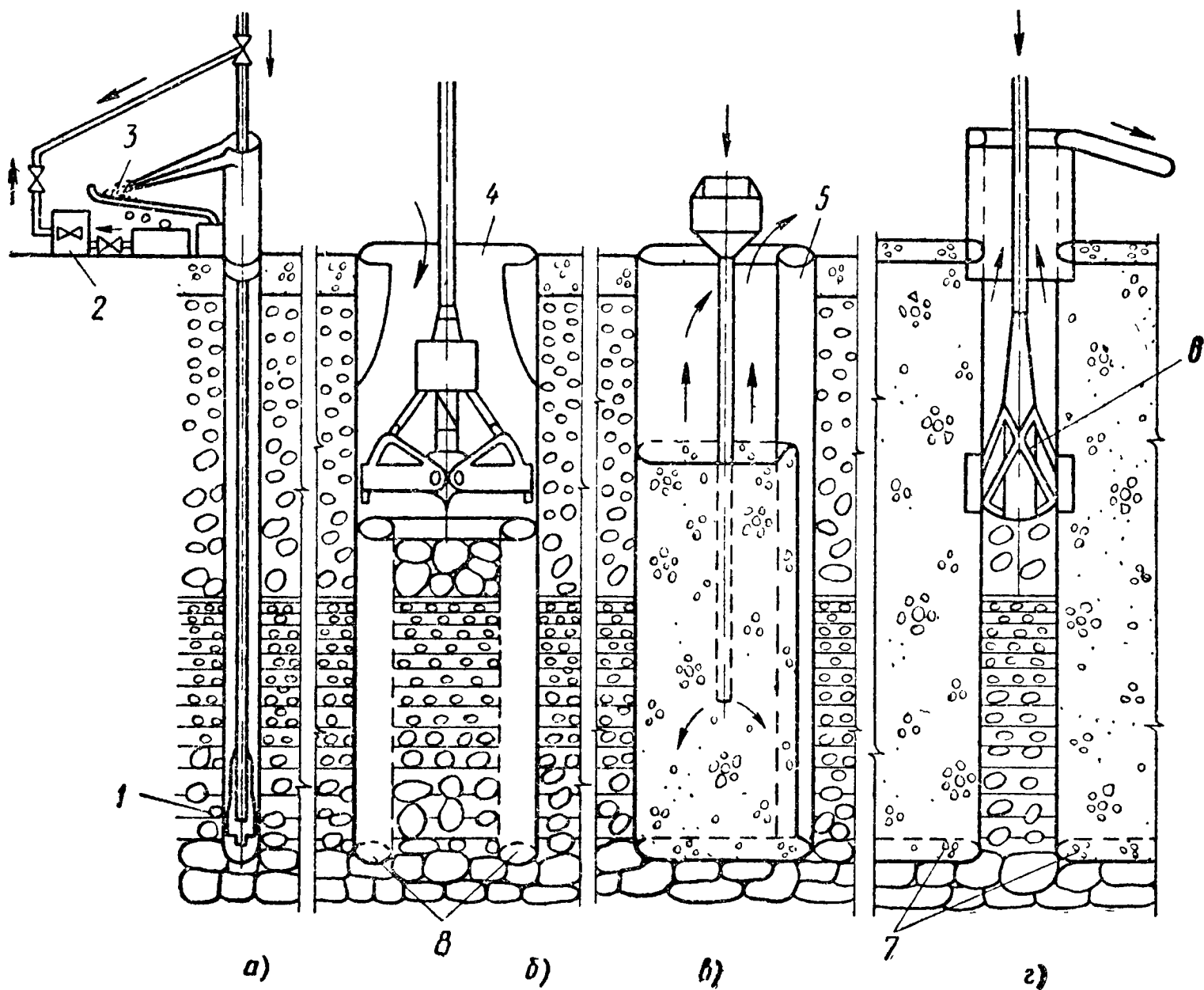


Рис. VI-13. Схема устройства траншей методом «ИКОС — Федер»

а — бурение опережающей скважины; *б* — разработка траншеи грейфером; *в* — бетонирование траншеи; *г* — разработка долотом с раздвижными кромками промежутка между забетонированными элементами; 1 — долото; 2 — насос; 3 — вибросито; 4 — бентонитовый раствор; 5 — опалубочная труба; 6 — долото с раздвижными кромками; 7 — бетон; 8 — опережающие скважины. Направление движения материалов (бентонитового раствора, бетона) показано стрелками

Производительность насосов:	
циркуляционного, м ³ /ч	480
вспомогательного, м ³ /ч	14,8
вакуумного, л/мин	1800
гидроциклонного, л/мин	2500
Скорость передвижения, м/мин	1,32—2,57
Установленная мощность двигателей, кВт	до 196
Производительность агрегата, м ² /ч	0,5—4

Метод «ИКОС-Федер» (рис. VI-13) основан на применении грейферного бурения под бентонитовым раствором. Грейферные ковши имеют удлиненную форму и большой вес. Челюсти ковша снабжены механическим или гидравлическим приводом. Грейфер подвешивается на канате, а для небольших глубин — на жесткой штанге. Из-за цикличности процесса разработки траншеи при ее углублении производительность агрегата снижается.

Метод «Титания» основан на использовании вращательного бурения. Для бурения скважины с обратной циркуляцией глинистого раствора на полную глубину будущей траншеи колонна буровых труб оборудуется резцами, расположенными по всей ее высоте с небольшими промежутками. Одновременно с вращением буровой колонны сообщается движение вверх-вниз на 0,3—0,5 м (примерное расстояние между резцами), а весь агрегат медленно перемещается вдоль оси стенки, образуя траншею на всю глубину. Циркуляция глинистого раствора по трубам диаметром 150 мм обеспечивается насосом. Ширина траншеи 0,4—1 м. Весит агрегат около 60 000 Н. Рассматриваемый способ может применяться в легких грунтах при создании стенок на небольшую глубину. Бетонирование осуществляется отрезками длиной 2—6 м, которые отделяются специальным металлическим шаблоном.

Станки для бурения траншей способом, сходным с методом «Титания», выпускаются также фирмой «Зальцгиттер» ФРГ.

Оборудование аналогичного типа выпускается в ГДР, США и в других странах.

Глава VII. ОПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ. КОЛОДЦЫ, КЕССОНЫ И ОПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ В ТИКСОТРОПНЫХ РУБАШКАХ

§ 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОЛОДЦЕВ И ПОДГОТОВКА ИХ К ПОГРУЖЕНИЮ

Опускные колодцы используются при устройстве заглубленных подземных помещений насосных станций, водозаборов, скиповых ям доменных печей, вагоноопрокидывателей, установок непрерывной разливки стали, подземных гаражей, в качестве массивных и заглубленных фундаментов для опор мостов, набережных, механических прессов и различных испытательных стендов [14—16].

Опускные колодцы классифицируются:

по материалу — на железобетонные, бетонные, металлические, деревянные, каменные и кирпичные. Опускные колодцы из дерева, камня и кирпича применяются крайне редко;

по форме колодца (в плане) — на круглые, прямоугольные, квадратные и с закругленными торцовыми стенками (рис. VII-1).

Прямоугольная или квадратная форма позволяет более рационально использовать площадь внутреннего помещения под оборудование. Однако опускные колодцы круглой формы более экономичны. Круглый опускной колодец лучше работает на сжатие и меньше подвержен кренам при опускании.

Первым этапом процесса сооружения колодца является устройство основания под нож. Надежное основание, рациональная и правильно выбранная схема опирания ножа колодца на грунт гарантируют сохранность колодца при снятии его с временных опор и равномерность погружения в грунт на первых метрах опускания. Чаще всего применяются пять типов оснований под нож опускного колодца (рис. VII-2).

Подкладки выполняются из круглых бревен, отесан-

ных на один или два канта, из брусьев или железнодорожных шпал, распиленных на два-три отрезка. Деревянные подкладки укладывают на песчаную (песчано-гравийную) подушку с заглублением их на 0,5 диаметра

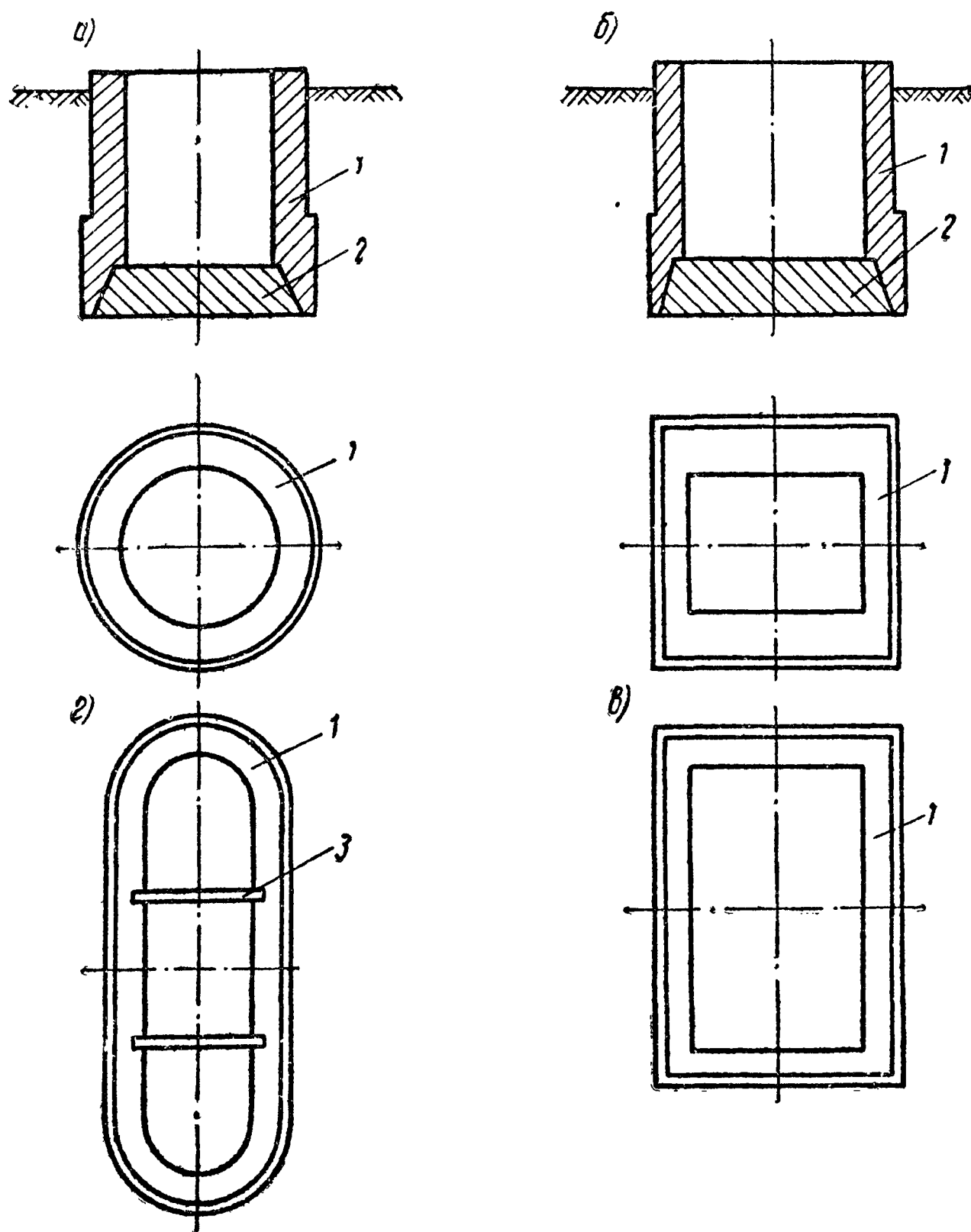


Рис. VII-1. Формы сечений опускных колодцев

а — круглые; *б* — квадратные; *в* — прямоугольные; *г* — с закругленными боковыми стенками; 1 — стена; 2 — днище; 3 — поперечная стенка

подкладки. Песчаная подушка равномерно распределяет давление на грунт основания и увеличивает площадь опирания.

Песчаные подушки делают втопленными в естественный грунт основания и насыпными. Высота подушки

50—70 см, ширина определяется длиной деревянных подкладок плюс 100 см (по 50 см с каждой стороны). Диаметр подкладок не менее 22—25 см, длина определяется по расчету в зависимости от веса колодца и грунта основания. Обычно длина подкладок находится в пределах

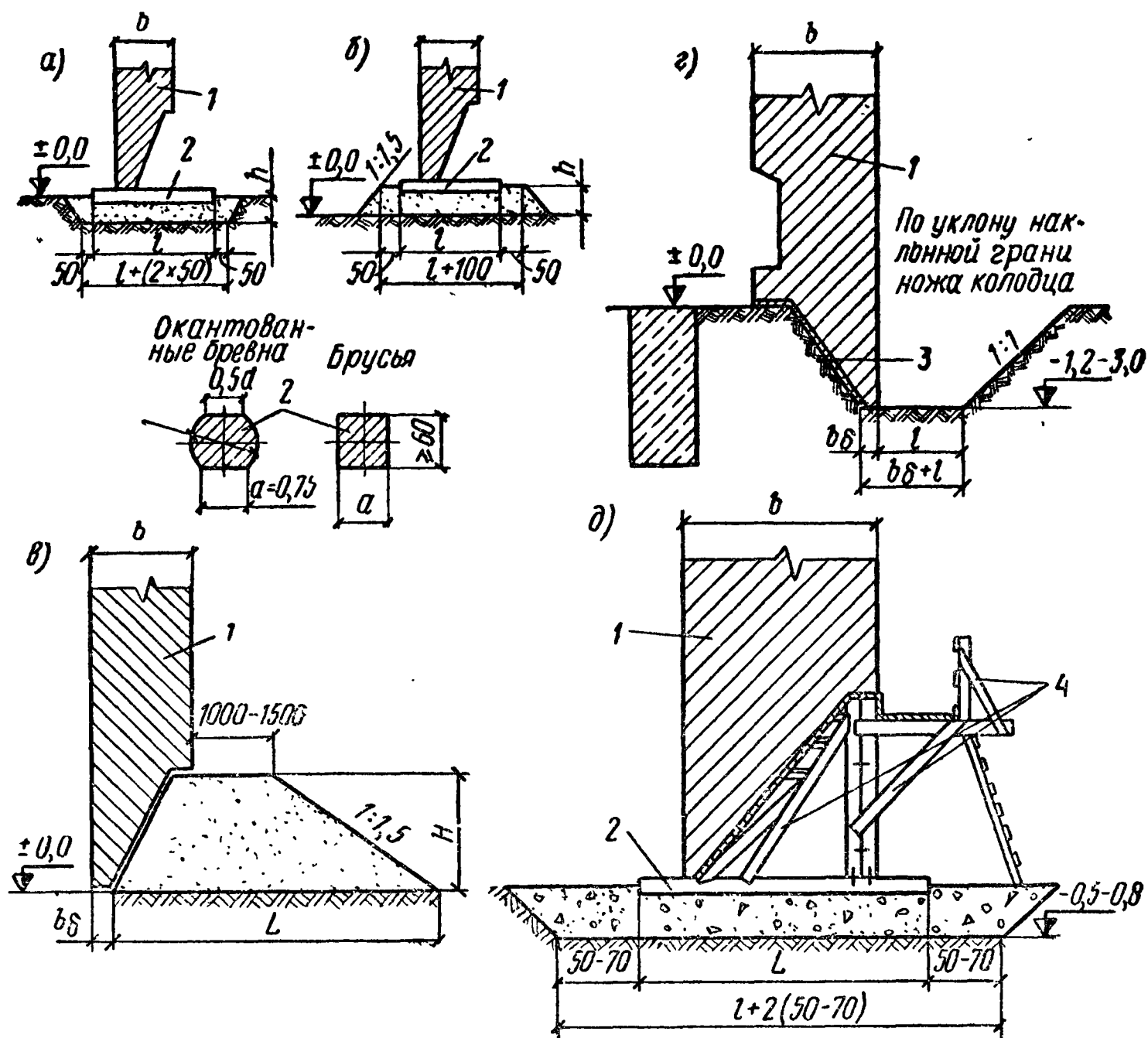


Рис. VII-2. Схема подготовки оснований под нож и установка ножа опускного колодца

а — на втопленной песчаной подушке и деревянных подкладках; *б* — на насыпной песчаной подушке и деревянных подкладках; *в* — на насыпной песчаной призме; *г* — в специально подготовленной траншее (котловане); *д* — на песчано-гравийной (щебеночной) призме и деревянных опорных подмостях; *1* — нож колодца; *2* — деревянные подкладки; *3* — деревянная опалубка или железобетонные плиты-оболочки; *4* — деревянные подмости

2—3,5 м. Деревянные подкладки на втопленной и на насыпной песчаных подушках применяют для сравнительно небольших колодцев и с незначительным первоначальным их весом. Для более крупных опускных колодцев сооружают опоры из песчано-гравийных призм, из деревянных опор-подмостей на щебеночном основании и осуществляют бетонирование ножа колодца враспор в под-

готовленной траншее (котловане). Такие опоры используются и при бетонировании опускаемых колодцев на слабых грунтах. Если на месте установки колодца залегают илистые грунты или торф, то их удаляют и заменяют песчаными грунтами. Песчаные и песчано-гравийные призмы для удержания опалубки отсыпают по контуру стен опускаемого колодца. Наружный откос призмы выравнивают вручную с уклоном, соответствующим углу наклонной грани ножа опускаемого колодца. На наружный откос призмы и под банкетку ножа укладывают сборные железобетонные плиты-оболочки, которые затем крепят к армокаркасам ножа. В дальнейшем они служат опалубкой. Могут быть использованы и деревянные щиты опалубки.

В тех случаях когда призмы не могут удержать откос с заложением, равным уклону грани скошенной части консоли ножа колодца, технологию изготовления ножа несколько изменяют. Вначале монтируют армокаркас ножа, затем на него навешивают и на нем закрепляют опалубку (деревянную или из железобетонных плит-оболочек), производят отсыпку песчаной призмы и тщательное уплотнение грунта с подбивкой его под наклонную грань ножа колодца.

Широкое распространение получил способ бетонирования ножа колодца в траншее враспор. При этом одна из сторон траншеи делается с уклоном, соответствующим уклону наклонной грани ножа колодца. На этот откос укладывается опалубка чаще всего из железобетонных плит-оболочек, затем устанавливается армокаркас ножа, закрепляется опалубка у вертикальной грани ножа с другой стороны и нож бетонируется.

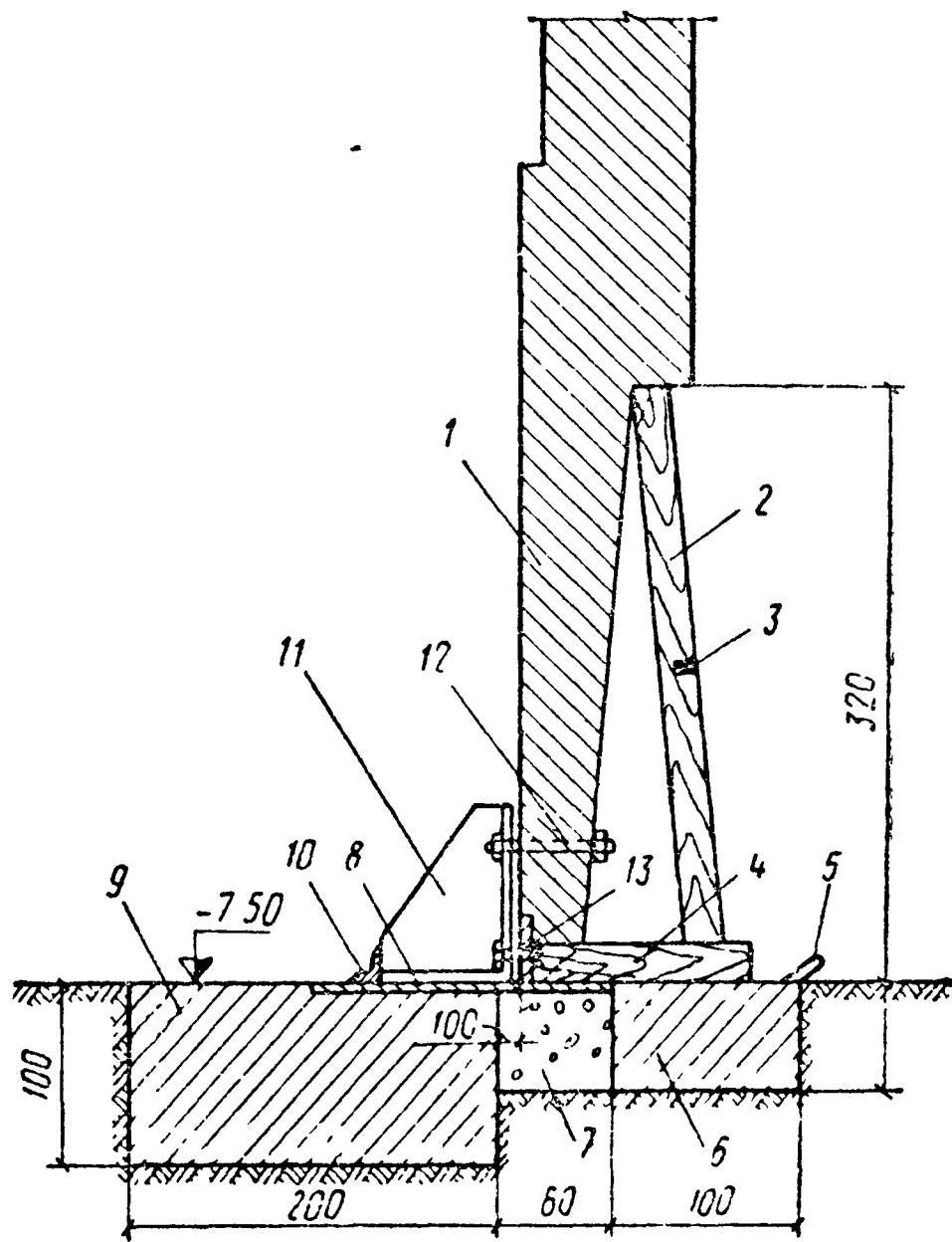
Подготовка основания под нож сборного из железобетонных панелей опускаемого колодца имеет некоторые особенности. При монолитном ноже колодца, т. е. когда нож армируется и бетонируется непосредственно на месте погружения колодца, подготовку основания под нож производят так же, как и при монолитных опускаемых колодцах. В этом случае, чаще всего в грунте основания, делается пионерный котлован, одна сторона которого планируется строго по уклону наклонной ножевой части колодца, а с другой стороны котлована оставляется проход примерно 1 м шириной для установки вертикальных щитов опалубки ножа.

На рис. VII-3 приведена схема опирания ножа круглого опускаемого колодца диаметром 60 м и высотой

20,5 м, стены которого выполнены из плоских сборных железобетонных панелей. Первоначально по наружному контуру стены колодца бетонируют опорное кольцо формашты, затем внутреннее опорное кольцо, которое размещается с внутренней стороны колодца, в 60 см от опорного кольца формашты. Внутреннее опорное кольцо бетонируют отдельными блоками. Между блоками уста-

Рис. VII-3. Схема подготовки оснований под нож опускного колодца из сборных железобетонных панелей

1 — нож; 2 — деревянные опорные стойки; 3 — шнур для взрывчатого вещества; 4 — деревянные брусья (шпалы); 5 — рым; 6 — внутреннее опорное кольцо; 7 — уплотненный щебень; 8 — металлическая пластинка; 9 — опорное бетонное кольцо формашты; 10 — фиксирующий металлический уголок; 11 — металлические упоры; 12 — металлические крепежные болты; 13 — металлический ре-зец



навливают деревянные щиты, чтобы облегчить в дальнейшем возможность удаления блоков внутреннего опорного кольца. Каждый блок должен иметь строповочные петли.

Пространство между опорным кольцом формашты и внутренним опорным кольцом заполняют хорошо уплотненным щебнем или гравийной смесью. На внутреннее опорное кольцо и межкольцевое пространство укладывают деревянные брусья из железнодорожных шпал с таким расчетом, чтобы каждая панель опиралась на три шпалы. Один конец шпалы находится под банкеткой ножа колодца (панели), а во второй конец упирается стой-

ка, поддерживающая внутренний уступ консоли и передающая давление на внутреннее опорное кольцо.

Под каждую панель устанавливают одну-две деревянные стойки, воспринимающие вертикальную нагрузку от веса стены колодца. С наружной стороны ножа панели располагают на опорном кольце форшахты специальные металлические упоры — по одному-два упора на каждое кольцо. Каждый упор крепится к панели болтами. С наружной стороны упоры ограничивают фиксирующим металлическим уголком, который приваривают к металлической пластине (закладной части) форшахты. Расчетная нагрузка на каждый упор полностью воспринимается болтами, рассчитанными на срез. Таким образом, общий вес колодца передается через опорные стойки, шпалы и упоры на два опорных бетонных кольца, благодаря чему нагрузка равномерно распределяется на всю площадь опоры.

1. Бетонирование и монтаж колодцев

Основными требованиями, предъявляемыми к бетону опускных колодцев, являются помимо прочности плотность и водонепроницаемость, так как колодцы в большинстве случаев погружают ниже уровня грунтовых вод. Требования по морозостойкости не относятся к основным, поскольку колодцы находятся, как правило, глубоко в грунте.

Для стен и днища колодца применяется бетон марок 150—200 с водоцементным отношением 0,4—0,45, водонепроницаемостью В:4 и В:6 и морозостойкостью $M_{рз}$ 100—150. Для приготовления бетона используют портландцементы, шлакопортландцементы и пуццолановые цементы марки не ниже 300. Бетонировать колодцы рекомендуется малоподвижными бетонными смесями с осадкой конуса 40—60 мм с применением пластифицирующих добавок. Подбор состава бетонной смеси и испытание образцов производятся лабораторией. При сооружении колодцев в агрессивных средах используют специальные сульфатостойкие или другие цементы, противодействующие агрессивной среде.

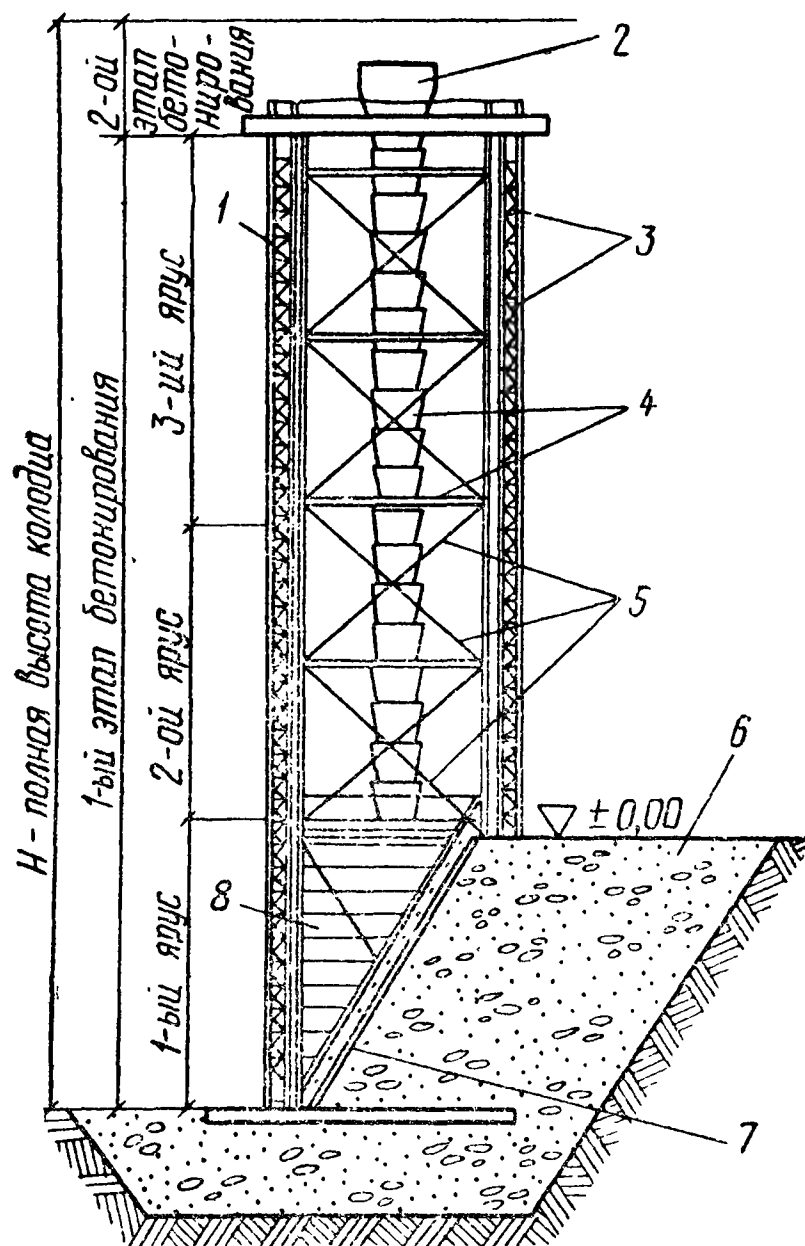
Стены колодца при бетонировании разбивают на ярусы, а каждый ярус — на блоки (рис. VII-4). Высота яруса назначается проектом производства работ исходя из условий допустимого удельного давления на грунт под

ножевой частью колодца, а также работы кранов. Колодцы высотой до 10 м бетонируют в один ярус. Более высокие бетонируют в несколько ярусов. Высоту яруса принимают 6—8 м. Бетонирование каждого последующего яруса допускается только после набора бетоном прочности 1,2—1,5 МПа.

Ярусы разбивают на блоки бетонирования в зависимости от ожидаемой интенсивности подачи бетона и

Рис. VII-4. Схема бетонирования стены опускного колодца

1 — опалубка наружной поверхности стены колодца; 2 — воронка для приема бетона; 3 — опалубка внутренней поверхности стены колодца; 4 — гибкий хобот для вертикальной транспортировки бетона; 5 — армокаркасы стены; 6 — щебеночная призма; 7 — плиты опалубки; 8 — нож колодца



конструкции стен колодца. Первым блоком бетонирования является нож колодца. При больших размерах колодцев допускается разрезка стен на блоки с вертикальными швами. Перед бетонированием очередного блока рабочие швы тщательно очищают, поверхность бетона обрабатывают пневмомолотами (насекают) и тщательно промывают струей воды.

Армируются стены, бетонируемые на месте армокаркасами или целыми армоблоками, изготовленными заранее на заводе или в арматурных мастерских, и очень редко — отдельными стержнями. Армокаркасы между собой свариваются ванной сваркой или внахлестку

(рис. VII-5). Бетонная смесь уплотняется вибраторами И-21, И-116, И-22, И-50, И-81, И-86.

Для опалубки используют тонкостенные железобетонные плиты-оболочки или инвентарную деревометаллическую опалубку. Подачу бетона в стены осуществляют в бадьях объемом 1—2 м³ при помощи кранов, которыми производится в дальнейшем выемка разработанного грун-

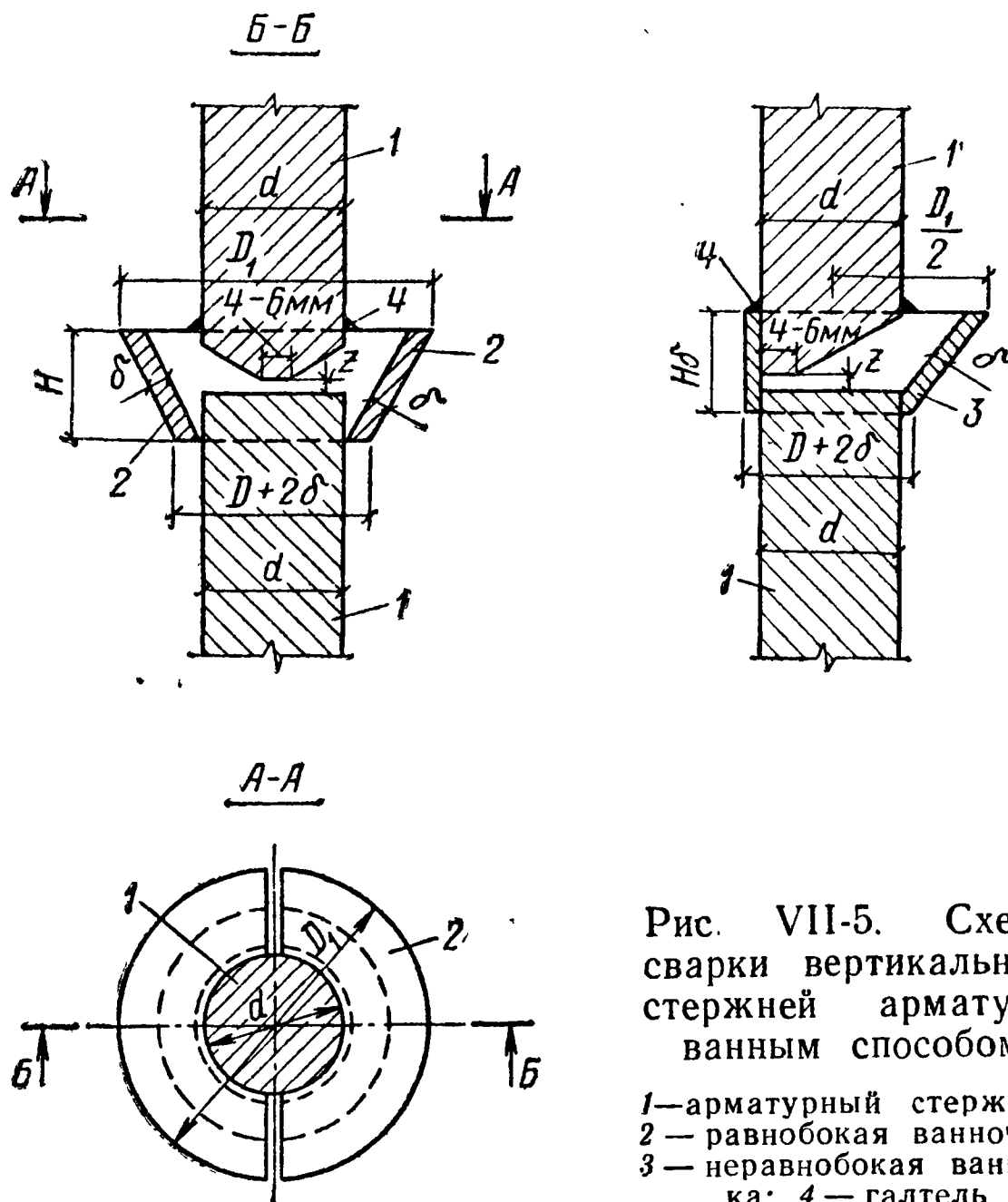


Рис. VII-5. Схема сварки вертикальных стержней арматуры ванным способом

1—арматурный стержень;
2—равнобокая ванночка;
3—неравнобокая ванночка; 4—галтель

та из колодца. При строительстве крупных опускных колодцев диаметром 30 м и более применяют башенные краны (2—3), а на колодцах меньших размеров — башенные краны, краны-экскаваторы Э-652, Э-1252 и монтажные краны типа МКГ-16, МКГ-20, МКГ-25.

К опусканию колодца разрешается приступить после того, как бетон всей стены (или же расчетной высоты) наберет 100%-ную прочность

Днище опускных колодцев также разбивается на блоки бетонирования. При толщине днища более 1,2—1,5 м принимают двухъярусную систему бетонирования, т. е.

вначале бетонируют нижнюю часть дна (примерно половину от общей длины), а потом оставшуюся часть. Каждый ярус бетонирования в плане разбивается на несколько блоков в зависимости от интенсивности подачи бетонной смеси.

Бетонная смесь в днище колодца подается тем же краном, что и в стены. Поэтому когда подбирают тип крана для бетонирования опускных колодцев, учитывают

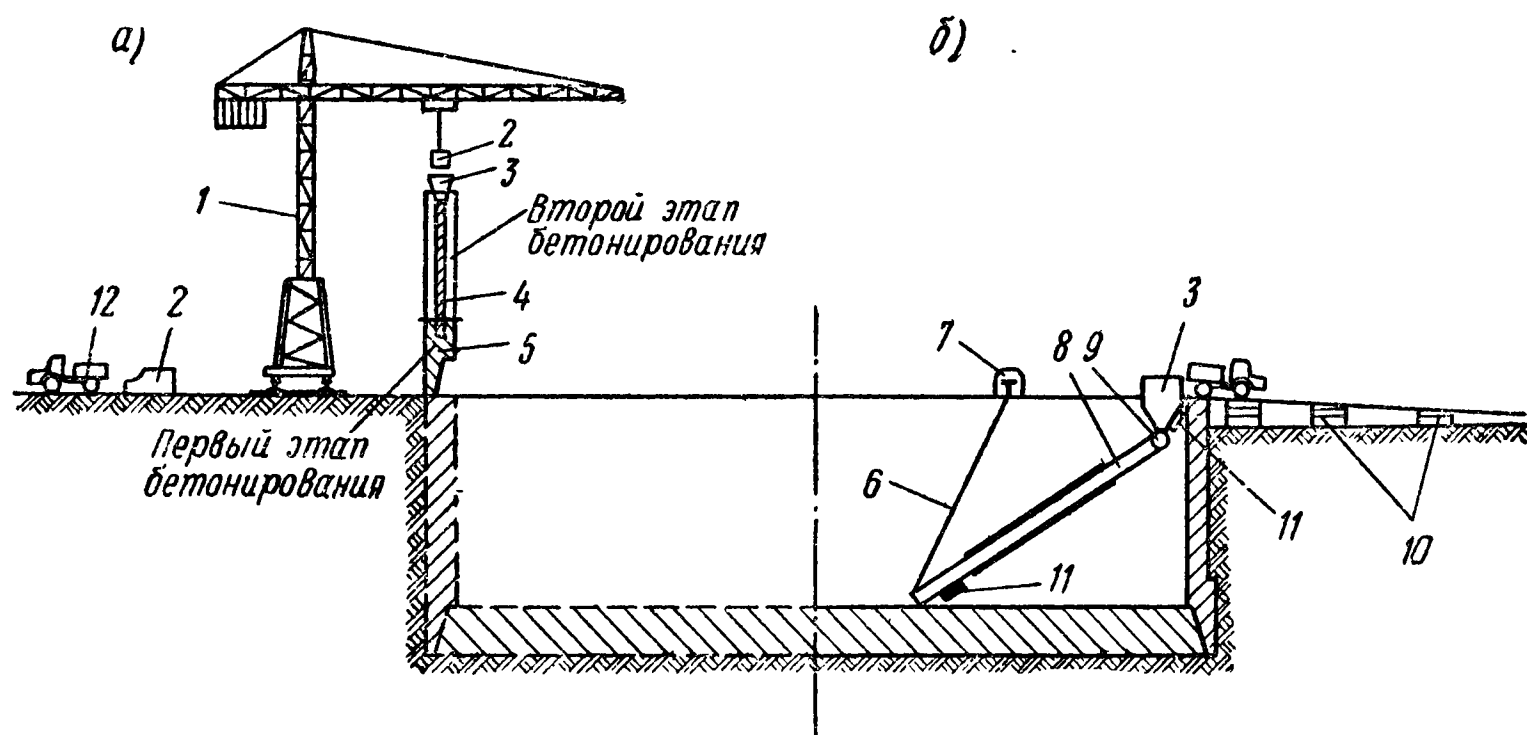


Рис. VII-6. Схемы бетонирования стен и дна колодца

а — схема бетонирования стены колодца башенным краном БКСМ-5-5А; б — схема бетонирования дна колодца с применением бетонолитной трубы; 1 — башенный кран; 2 — бадья; 3 — приемная воронка; 4 — хоботы для бетона; 5 — стена; 6 — растяжка; 7 — лебедка; 8 — бетонолитная труба; 9 — шаровой шарнир; 10 — эстакада; 11 — вибратор; 12 — автосамосвал

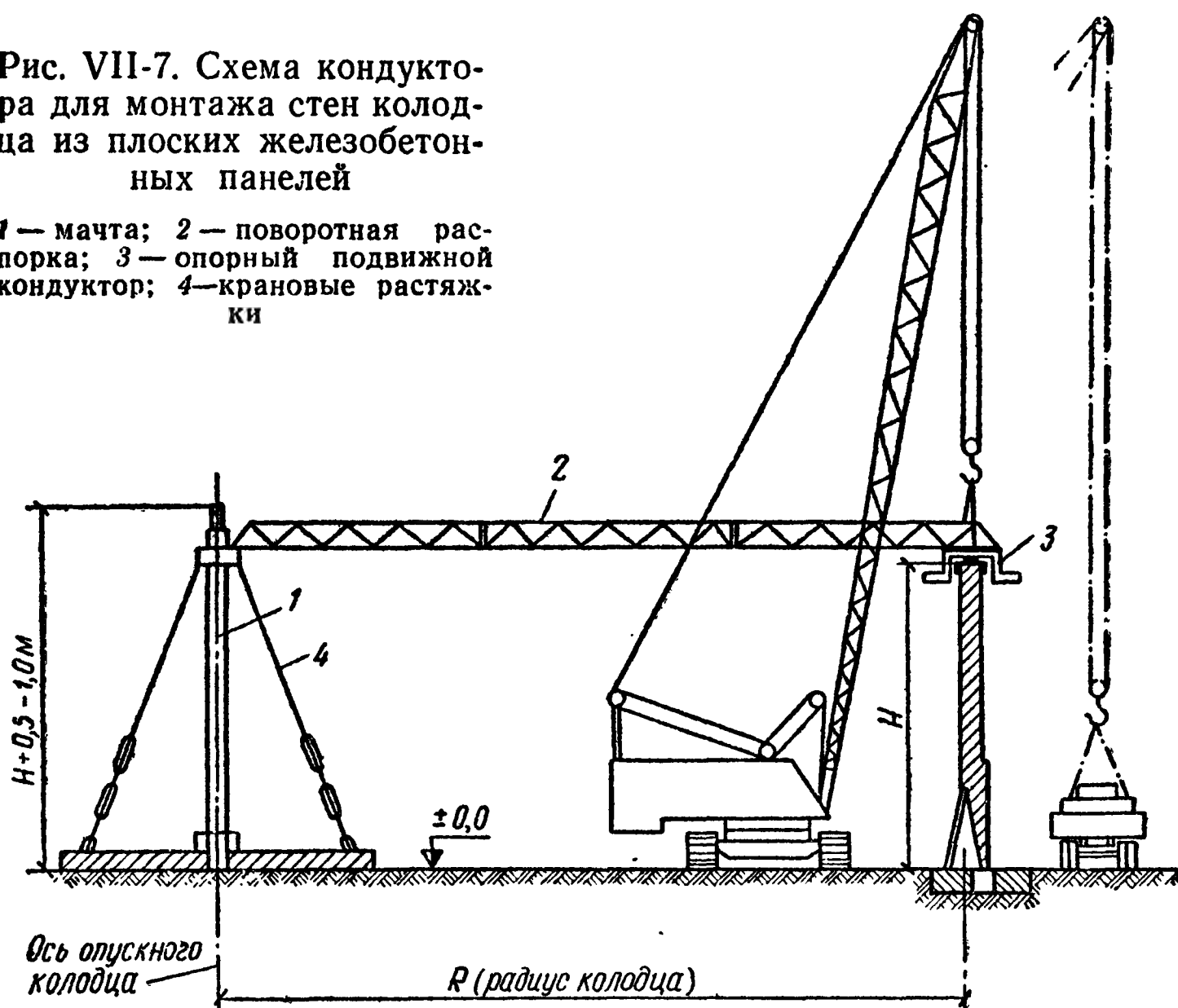
и особенности бетонирования дна. Краны подбирают и размещают таким образом, чтобы не было «мертвых» зон, куда нельзя подать краном смесь. Наиболее целесообразным способом подачи смеси в днище является так называемый бескрановый способ (рис. VII-6). На стене колодца закрепляется бункер, который шаровым шарниром соединен с бетонолитной трубой. Второй конец бетонолитной трубы закрепляют на двух растяжках, которые с помощью двух лебедок, закрепленных на стене, могут перемещать трубу в нужную точку. Машина с бетонной смесью подходит по небольшой эстакаде к бункеру и разгружает смесь сразу в бункер. Таким образом, с 2—3 стоянок бункера и лебедок можно забетонировать днище самого большого колодца.

Если при бетонировании дна в колодец поступает грунтовая вода, необходимо устраивать специальные

зумпфы и откачивать воду до полного набора бетоном днища 100%-ной прочности. Зумпф делается из металлического решетчатого ящика и обрезка трубы с фланцем, который выводится под уровень днища колодца. После набора бетоном днища 100%-ной прочности зумпф заполняют бетонной смесью и на фланец трубы ставят заглушку.

Рис. VII-7. Схема кондуктора для монтажа стен колодца из плоских железобетонных панелей

1 — мачта; 2 — поворотная распорка; 3 — опорный подвижной кондуктор; 4 — крановые растяжки



При сооружении колодцев из сборных железобетонных элементов при монтаже стен для точной установки панелей и их фиксации применяется специальный подвижной кондуктор (рис. VII-7).

Кондуктор состоит из трех основных частей: мачты, изготовленной из металлической трубы диаметром 300—400 мм; поворотной распорки, выполненной в виде решетчатой фермы и опорной подвижной части. Мачта устанавливается вертикально, строго по геометрическому центру колодца и надежно закрепляется. Регулировка вертикальности мачты выполняется четырьмя крановыми растяжками и с помощью отвеса, расположенного в нижней части мачты.

При монтаже панелей стен центр отвеса должен строго совпадать с репером геодезического центра колодца. Репер устанавливается на бетонной тумбе до начала монтажа мачты кондуктора и после установки выверяется. Длина поворотной распорки равна радиусу опускаемого колодца, вращение ее вокруг мачты обеспечивается шарниром. На распорке закреплен подвижной кондуктор, который одним концом опирается на ранее установлен-

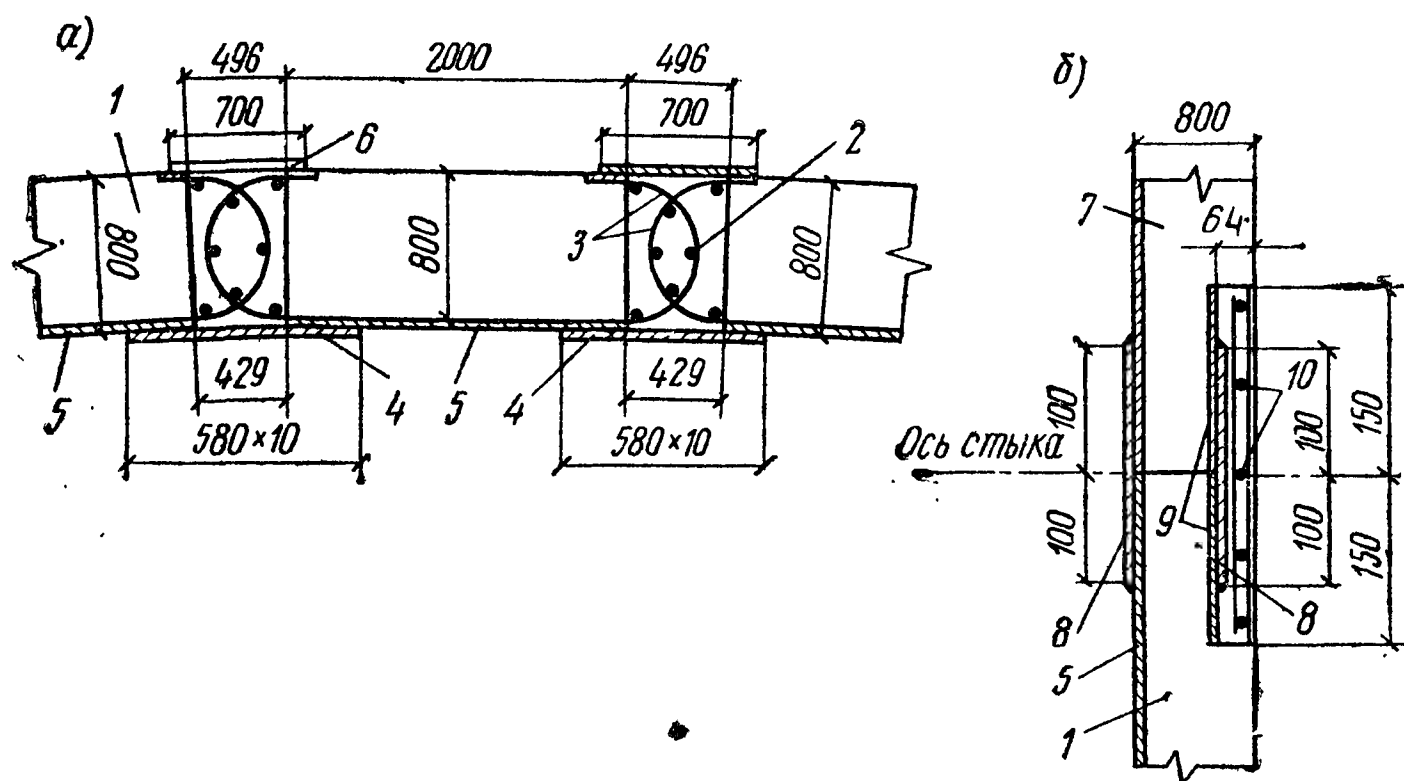


Рис. VII-8. Схема заделки стыков между панелями стены колодца

a — заделка вертикального стыка; *б* — заделка горизонтального стыка; 1 — плоские панели первого яруса; 2 — вертикальная арматура; 3 — петлевые горизонтальные выпуски арматуры плоских панелей; 4, 6, 8 и 9 — металлические полосы; 5 — металлическая гидроизоляция (или металлические закладные части); 7 — второй ярус панелей стены колодца; 10 — защитная армосетка, затертая раствором

ную и уже закрепленную панель колодца, а второй конец является направляющим для очередной монтируемой панели. При монтаже панелей кран размещается с внутренней стороны колодца и по мере монтажа перемещается назад пионерным способом. Последние 3—4 панели монтируют уже с наружной стороны колодца, для чего кран выходит наружу через оставленный проем в стене. Вслед за установкой и выверкой панелей их закрепляют (рис. VII-8, *a*) с двух сторон колодца с помощью постоянной вертикальной металлической накладки, которая приваривается прерывистым швом к металлической гидроизоляции панелей с внутренней и наружной сторон колодца временными металлическими горизонтальными полосками.

После закрепления панелей производятся окончательная приварка металлических накладок (которые одновременно служат и внутренней опалубкой стыка) и армирование вертикальных стыков. Вертикальные стыки между панелями армируют стыком Передерия, затем бетонируют. Второй ярус панелей монтируют аналогично первому.

Для монтажа второго яруса можно использовать только подвижной направляющий кондуктор, а мачту и поворотную распорку следует демонтировать, так как геометрические размеры колодца уже зафиксированы первым ярусом. Вертикальность панелей определяется по отвесу.

Соединение первого яруса со вторым (горизонтальный стык) выполняется (рис. VII-8, б) двумя горизонтальными металлическими полосами, одна из которых приваривается к металлической гидроизоляции панелей с внутренней стороны, а вторая — к специальным закладным частям с наружной стороны колодца. Металлические части горизонтального стыка с наружной стороны колодца защищают от коррозии затиркой раствором с предварительным армированием стыка сеткой.

При монтаже опускных колодцев из пустотелых железобетонных блоков нож колодца делают из монолитного железобетона непосредственно на месте его установки. Пустотелые железобетонные блоки собирают ярусами по 6—7 блоков в каждом ярусе. Блоки укладывают один на другой на цементном растворе марки 100 с разрывом 350 мм. Разрывы (стыки) затем армируют и омоноличивают бетонной смесью.

Для упрощения работ рекомендуется сначала заармировать через один вертикальные стыки на всю высоту яруса и при монтаже блоков использовать их как направляющие. Стыки армируются вертикальной арматурой, и, кроме того, дополнительно свариваются между собой горизонтальные выпуски арматуры в сборных блоках. После установки арматуры и опалубки стык омоноличивается. При этом марка бетона должна быть не ниже 200. С наружной стороны горизонтальные швы между блоками зачеканивают высококачественным цементом.

Железобетонные горизонтальные пояса высотой 1 м, располагаемые сверху каждого яруса, армируют горизонтальной арматурой по расчету и бетонируют после окончания монтажа данного яруса блоков и омоноличивают.

вания вертикальных швов. Бетонирование горизонтальных поясов производят в инвентарной деревянной опалубке обычным способом.

2. Устройство дна колодцев

Днища колодцев обычно сооружают при помощи подводного бетонирования, для чего используют два ме-

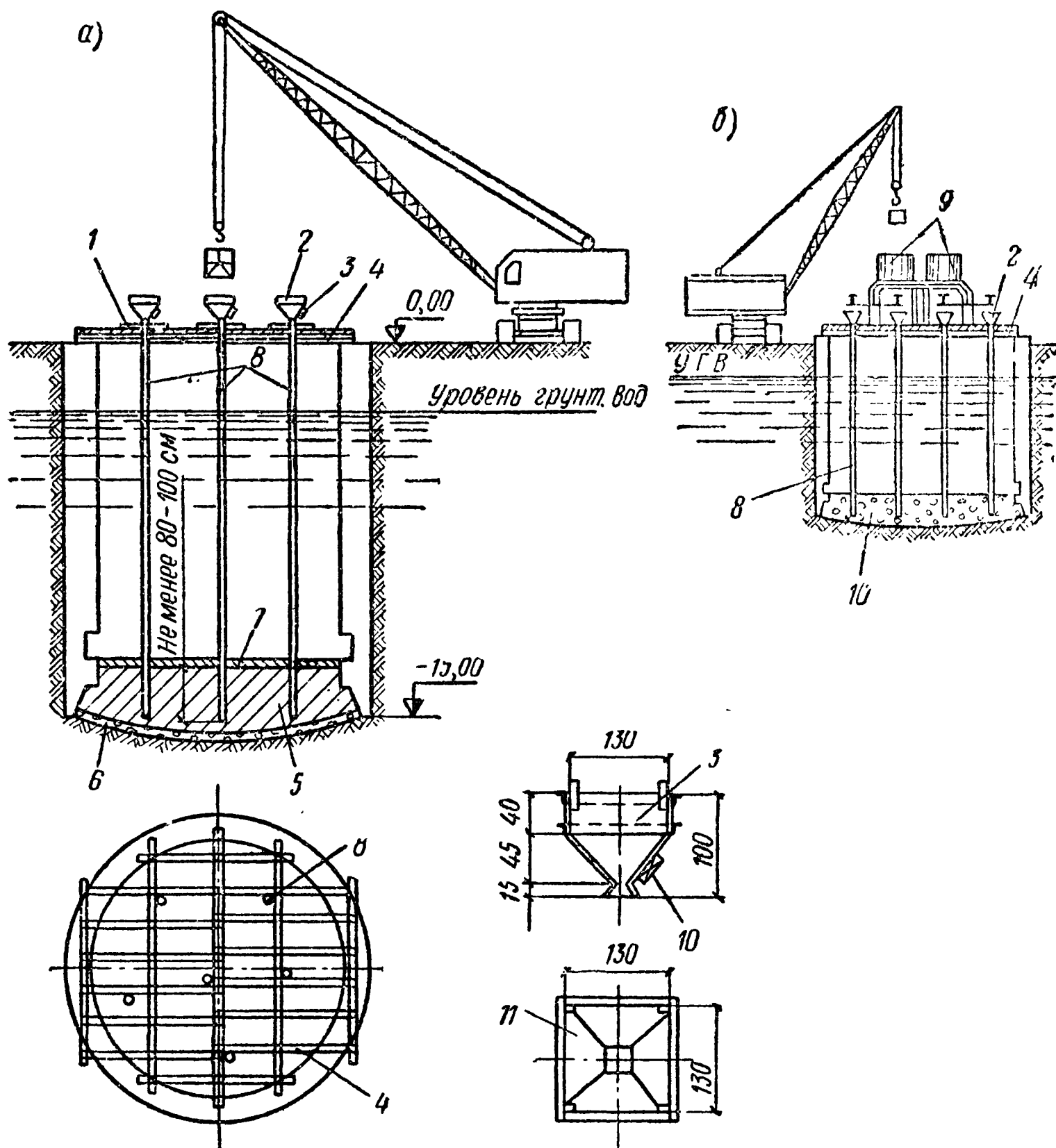


Рис. VII-9. Схема подводного бетонирования дна опусного колодца

а — методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ); б — методом восходящего раствора (ВР); 1 — хомут для крепления труб; 2 — приемные воронки; 3 — электровибратор; 4 — перекрытие колодца; 5 — подводная бетонная подушка; 6 — гравийно-щебеночный слой; 7 — верхний слой слабого бетона толщиной 10—15 см, который срубается; 8 — вертикальные бетонолитные трубы; 9 — цементно-смесительная установка; 10 — каменная наброска из крупного щебня и камня; 11 — схема устройства приемной воронки

тогда: метод вертикально перемещающейся трубы (ВПТ) и метод восходящего раствора (ВР) (рис. VII-9).

Подводное бетонирование днища по методу вертикально перемещающейся трубы производят в такой технологической последовательности. После опускания колодца на проектную отметку выполняют выравнивание и очистку гидроэлеватором или эрлифтом дна от ила и наносов. Затем в основание дна укладывают гравийно-щебеночную или щебеночную подготовку толщиной 10—25 см и разравнивают ее. При отсутствии на дне колодца мелких илистых частиц щебеночную подготовку можно не укладывать. Верх колодца перекрывают балками и по ним укладывают сплошной настил из досок. В отверстия настила устанавливают металлические бетонолитные трубы диаметром 200—300 мм. К верхней части труб прикрепляют воронки для приема раствора. В нижней части воронок или к верхней части бетонолитной трубы крепят электровибратор, который используется в случае зависания раствора в трубе или в воронке. Количество бетонолитных труб определяют исходя из того, что одной трубой бетонируется 30—50 м² площади. Практически бетонная смесь под водой растекается на значительно большую площадь, однако качество бетона в средней зоне (около трубы) будет намного выше, чем на периферии. Поэтому расчетный радиус действия трубы обычно принимается не более 4,5—6 м.

Для подводного бетонирования по методу ВПТ применяют литой бетон марки 200—300 с осадкой конуса 14—15 см, приготовленный на гравии или мелком щебне с пластифицирующими добавками. Для приготовления подводного бетона используют цемент марки не ниже 400.

Пластифицирующие добавки позволяют получать литые смеси с водоцементным отношением 0,55—0,65, объемной массой 2,35—2,45 т/м³ и прочностью 20—30 МПа. При высоте подводного бетонирования более 1—1,2 м в верхнюю часть бетонолитной трубы вставляют отдельные звенья труб. Эти трубы с помощью болтов и резиновых прокладок герметично стыкуются. В устье приемного бункера, перед заполнением его бетоном, на прочной бечевке подвешивают специальную пробку, которая свободно скользит по трубе и перекрывает бетонолитную трубу внутри бункера. После заполнения бункера бетонной смесью бечевку обрубает и пробка вместе с бетоном опускается по бетонолитной трубе вниз, вытесняя воду.

В процессе подводного бетонирования необходимо строго следить, чтобы нижний конец бетонолитной трубы всегда находился в бетонной смеси не менее чем на 80—100 см. Бетонную смесь подают сразу во все бетонолитные трубы или в определенной последовательности, начиная, например, справа налево или наоборот. Это зависит от интенсивности подачи бетона. Необходимо последующую трубу включать в работу только после того, как бетонная смесь покроет нижний конец соседней трубы не менее чем на 30—40 см.

Для подводного бетонирования по методу восходящего раствора (ВР) пространство будущей бетонной подушки заполняется крупным камнем (фракций 10—30 см) с примесью крупного щебня размером более 5—8 см. При этом объем пустот должен быть порядка 40—50%.

Трубы для подачи бетонной смеси устанавливаются заранее. Число их определяется с учетом радиуса распространения бетонной смеси в каменной наброске 2,5—3 м и в щебеночном заполнителе 1,5—2 м. Минимальная интенсивность подачи бетонной смеси принимается 0,2 м³ на 1 м² бетонируемой площади. При интенсивности подачи бетонной смеси 2 м³/ч следует увеличивать диаметр бетонолитных труб до 75 мм, а при 3—5 м³/ч — до 200 мм. Трубы также должны быть постоянно заглублены в раствор не менее чем на 80—100 см. Подавать бетонную смесь рекомендуется одновременно через все трубы.

Для бетонирования по методу ВР рекомендуется применять цементные растворы высокой подвижности с пластификаторами и водоцементным отношением 0,65—0,85, где расход цемента составляет 500—700 кг на 1 м³ раствора. В зарубежной практике известны случаи подводного бетонирования по методу ВР под давлением до 0,6 МПа.

Подводное бетонирование днищ колодцев методом восходящего раствора в отечественной практике используется крайне редко, так как провести его гораздо сложнее, чем методом вертикально перемещающейся трубы.

3. Гидроизоляционные работы

Гидроизоляция стен и днища колодца преследует две цели: исключить попадание воды внутрь опускного колодца и предохранить бетон стен и днища от агрес-

сивного воздействия грунтовых вод (там, где эта агрессия имеется).

Основные типы гидроизоляции — это торкрет, покраска битумно-бензиновым раствором, оклеечная, литая асфальтобитумная и металлическая.

Для торкретирования рекомендуется применять портландцемент, водонепроницаемый расширяющийся цемент (ВРЦ), а также высокомарочные пуццолановые цементы марок не ниже 400 и водонепроницаемый безусадочный цемент (ВБЦ); осуществляют торкретирование цемент-пушкой.

Торкрет на бетонные поверхности стен обычно наносится в два-три слоя. Толщина каждого слоя 5—7 мм. Каждый последующий слой наносится на предыдущий не раньше конца схватывания цемента предыдущего слоя. Свеженанесенный торкрет необходимо поддерживать во влажном состоянии в течение 10—15 суток и особенно первые 3—5 суток после его нанесения. В жаркие дни торкрет необходимо поливать через 3—4 ч, а в прохладные дни и ночью — через 12—15 ч. Торкретирование можно производить только в теплое время года или же в тепляках при температуре наружного воздуха не ниже плюс 5° С.

Покраска битумно-бензиновым раствором обычно выполняется в три слоя. Для нанесения первого слоя применяют раствор, состоящий из 25% битума и 75% бензина, а для второго и третьего слоев — раствор, состоящий из 50% битума и 50% бензина. Для приготовления битумно-бензинового раствора используют битум марки III-V. Поверхность бетона после нанесения на нее битумно-бензинового раствора должна быть ровной с блестящим отливом.

Битумно-бензиновый раствор наносится механизированным способом при помощи цемент-пушки или простой установкой, состоящей из компрессора, герметичной емкости, сопла с распыляющей насадкой и напорных разводящих шлангов. Битумно-бензиновый раствор огнеопасен и может легко воспламениться, поэтому при производстве работ следует особое внимание обращать на соблюдение правил техники безопасности и пожарной безопасности.

Оклеечную гидроизоляцию (рис. VII-10) применяют только для гидроизоляции днища колодца. В состав оклеечной гидроизоляции входят гидроизол, рубероид и

различные полихлорвиниловые и прорезиненные широкие ленты или толстые пленки. Для гидроизоляции днища обычно назначается не менее трех слоев рулонных (пленочных) материалов.

Перед нанесением первого слоя изолируемую поверхность тщательно очищают от посторонних предметов и покрывают слоем грунтовки — смесью битума с бензи-

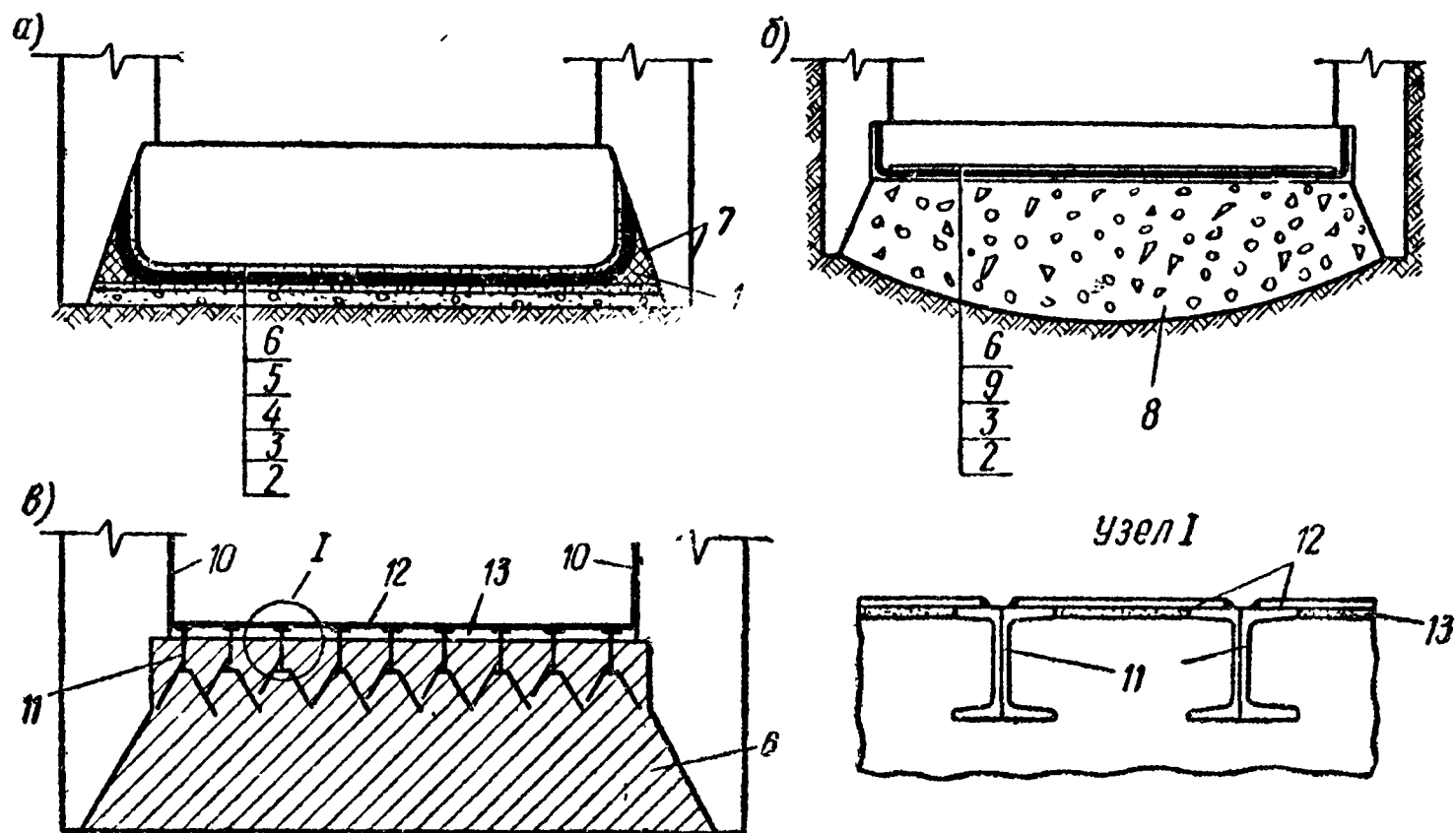


Рис. VII-10. Устройство гидроизоляции днища

а — оклеечная гидроизоляция днища колодца, опущенного насухо; б — оклеечная гидроизоляция днища колодца, опущенного без водоотлива; в — металлическая гидроизоляция; 1 — битумная пробка; 2 — дренажный слой; 3 — стяжка из цементно-песчаного раствора; 4 — оклеечная гидроизоляция из трех слоев гидроизола; 5 — стяжка из цементно-песчаного раствора; 6 — железобетонное днище; 7 — торкрет; 8 — подводная бетонная подушка; 9 — два слоя торкрета по 10—12 мм или три слоя гидроизола; 10 — металлическая гидроизоляция стен; 11 — двутавры, швеллеры и пр. (закладные) заанкеренные в бетоне днища; 12 — металлическая гидроизоляция днища; 13 — инъекция цементным раствором

ном в пропорции 1:1. После высыхания на грунтовку наносят битумную мастику, на которую наклеивают рулонную гидроизоляцию. Поперечные и продольные швы выполняют внахлестку не менее чем на 10 см с тщательной промазкой швов мастикой. Наклеиваемое полотно рулонного материала плотно прижимают к изолируемой поверхности, уплотняют его деревянным шпателем, сначала вдоль оси полотна, затем от оси к краям и по краям. Толщина слоя горячей мастики 1—2 мм.

При оклеечной гидроизоляции днища особое внимание необходимо обращать на тщательность выполнения работ по сопряжению гидроизоляции ножа и днища ко-

лодца. В некоторых проектах опускаемых колодцев не предусматривается защита оклеечной гидроизоляции сверху тонкой цементной стяжкой, что неправильно, поскольку незащищенная оклеечная гидроизоляция при последующем армировании дна колодца очень часто повреждается и тем самым нарушается ее герметичность.

При устройстве дна колодца в водонасыщенных грунтах отсыпка дренажного слоя толщиной 30—50 см и более и установка зумпфа для откачки воды являются обязательным условием качественного выполнения гидроизоляции и бетонирования дна. Зумпфы устанавливаются из расчета 200—300 м² площади дна колодца на один зумпф.

Для гидроизоляции дна используются и металлические листы толщиной 5—6 мм. Лист приваривается отдельными полосками к двутаврам, швеллерам и другим закладным частям, заранее заанкеренным в бетон дна. Верх дна при этом стараются забетонировать на 5—10 мм ниже верхних полок закладных частей с тем, чтобы к ним легко было приварить металлическую гидроизоляцию. Пространство между металлическими листами гидроизоляции и верхом дна впоследствии инъецируется цементным раствором.

4. Опускание колодцев

Колодцы погружаются в грунт под действием собственного веса. В настоящее время применяют два способа опускания колодцев:

насухо, с водоотливом или с искусственным понижением уровня грунтовых вод;

без водоотлива с разработкой грунта под водой.

При опускании колодцев насухо используют три схемы разработки и выдачи грунта из колодцев. По первой схеме грунт в колодце разрабатывают экскаваторами или бульдозерами и выдают на поверхность кранами в бадьях. Вторая схема предусматривает разработку грунта в колодце грейферами. При третьей схеме используется гидромеханизированный способ, состоящий из двух подсхем:

грунт разрабатывают гидромониторами и транспортируют на поверхность землесосами или углесосами;

разработку грунта ведут гидромониторами, а выдают его на поверхность гидроэлеваторами.

При опускании колодцев без водоотлива разрабатывают грунт и выдают его на поверхность из-под воды грейфером. Способ опускания колодцев определяется проектом производства работ в зависимости от гидрогеологических условий стройплощадки и местных условий строительства.

Грейферы наиболее целесообразно применять для разработки легких грунтов, например песчаных, легких супесей, песчано-галечниковых (несцементированных), илистых, заторфованных грунтов. Способ выдачи грунта грейфером из-под воды используется также и в тех случаях, когда из-за большого притока воды в колодец трудно или экономически нецелесообразно организовать водоотлив или водопонижение.

Гидромеханизированный способ разработки грунта в опускных колодцах применяется, если:

- можно разрабатывать грунт гидромониторами;
- на стройплощадке имеется потребное количество воды;
- есть возможность сброса пульпы;
- стройплощадка обеспечена достаточным количеством электроэнергии;

Во всех остальных случаях чаще всего осуществляют способ опускания колодцев с помощью экскаваторов и бульдозеров, который требует осушения забоя (рис. VII-11).

При внутреннем диаметре колодца более 20 м рекомендуется использовать экскаваторы с объемом ковша 0,65—1,25 м³, менее 20 м — с объемом ковша 0,25 м³. В опускных колодцах диаметром более 32—36 м ведут работы двумя экскаваторами или одним экскаватором и одним бульдозером. Не рекомендуется разрабатывать грунт в колодцах экскаваторами на колесном ходу, так как грунты чаще всего сильно увлажнены, а при работе в стесненных условиях экскаватор теряет маневренность и колеса его вязнут в грунте. При разработке сильно увлажненных грунтов с малой несущей способностью под гусеницы экскаватора рекомендуется укладывать настил.

Легкие грунты разрабатывают бульдозером, а экскаватором загружают грунт в бадьи. Бульдозер используют и на вспомогательных операциях: он собирает

грунт в отвалы в зоне действия кранов и в места, удобные для загрузки его в бадьи; производит послойную срезку берм и подготовку площадок для работы экскаватора.

Рекомендуется следующий порядок разработки грунта в опускном колодце. Первоначально разрабатывается грунт в средней части колодца на глубину 1,5—2 м (в

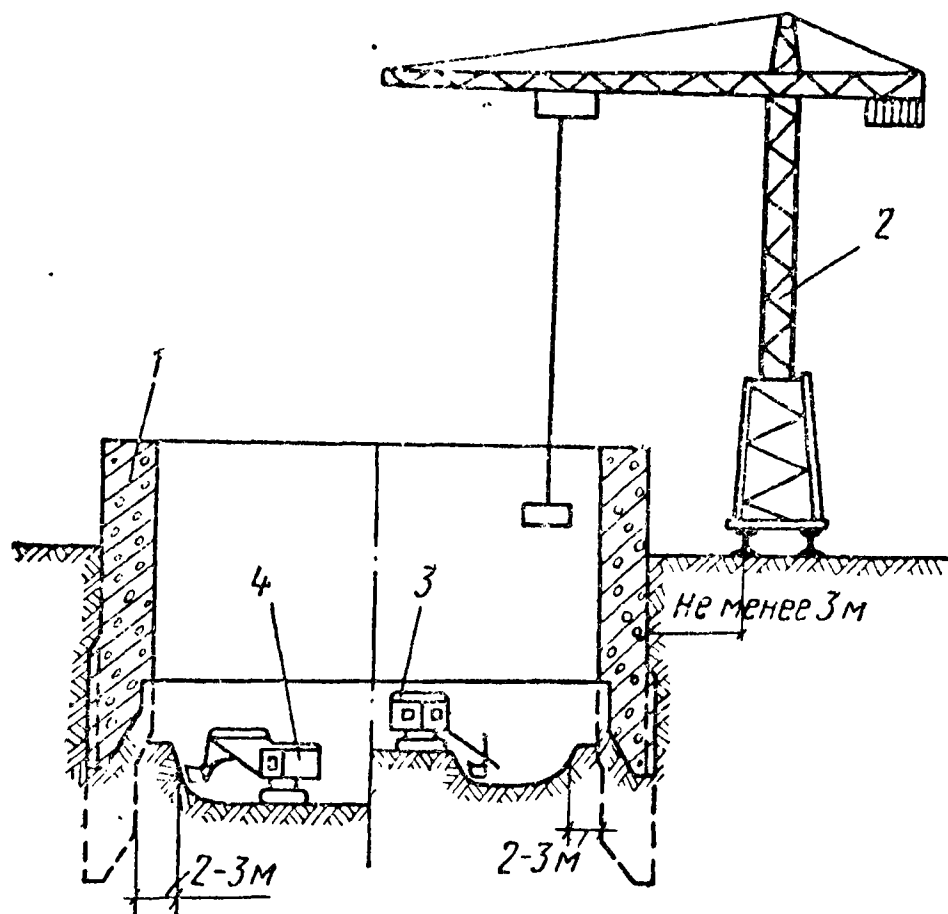


Рис. VII-11. Схема разработки грунта в опускном колодце с помощью экскаватора и бульдозера

1 — колодец; 2 — башенный кран; 3 и 4 — экскаватор (прямая и обратная лопата)

больших опускных колодцах до 3,5—4 м). Со стороны ножа колодца оставляют берму шириной 1—3 м, которую разрабатывают в последнюю очередь. Берму разрабатывают слоями толщиной не более 10—15 см и шириной по 20—30 см равномерно по всему периметру колодца. Для разработки бермы используется бульдозер, который ходит вдоль стены колодца и малыми пластами (10 см) снимает грунт бермы.

Начало разработки бермы считается началом погружения колодца. Перед разработкой бермы еще раз уточняются фиксированные зоны, которые назначаются проектом производства работ. Разработку грунта под ножом колодца (рис. VII-12) рекомендуется вести одновременно между всеми фиксированными зонами или одновременно на двух диаметрально противоположных участках начиная от середины участка по направлению к фиксированным зонам. Если после полной разработки берм между фиксированными зонами до уровня банкетки ножа колодец не опускается, то приступают к разработке фиксированных зон. Зоны разрабатываются од-

новременно от краев к середине. При разработке фиксированных зон необходимо вести постоянное наблюдение за состоянием колодца. При первых же подвижках колодца все рабочие должны отойти от стен колодца в безопасную зону. На первых этапах погружение колодца обычно опережает разработку грунта, а в дальнейшем колодец погружается только после разработки фиксированных зон и выемки грунта из-под банкетки ножа

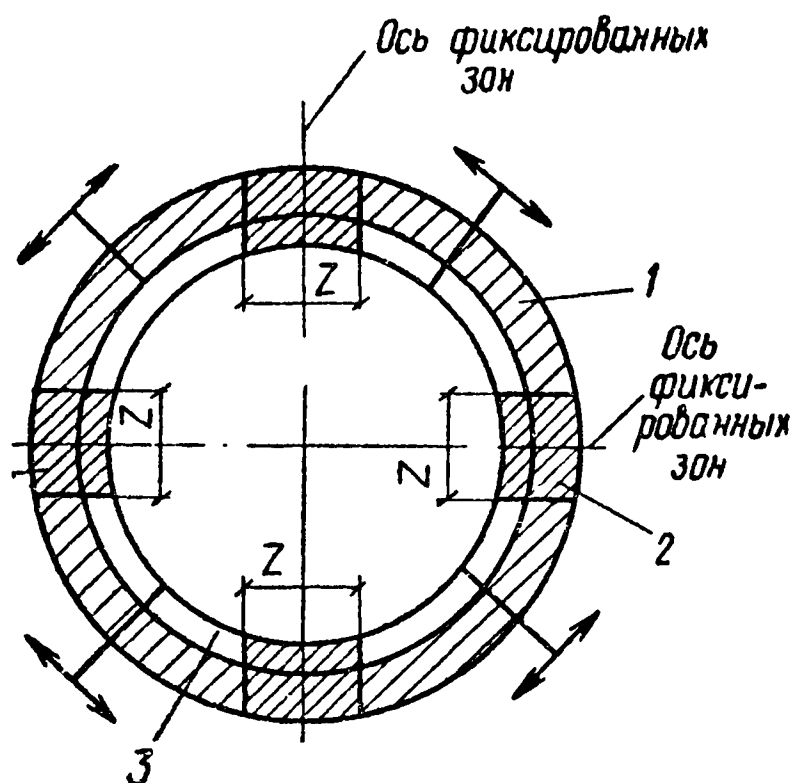


Рис. VII-12. Схема разработки грунта под ножом колодца

1 — колодец; 2 — фиксированные зоны; 3 — берма

колодца. По мере погружения колодца размеры фиксированных зон уменьшаются, и на последних метрах опускания они исключаются полностью. Грунт под ножевой частью колодца разрабатывается преимущественно вручную.

Разрабатывать грунт под ножом колодца ниже отметки заглубления банкетки ножа более чем 50—70 см не рекомендуется во избежание больших перекосов колодца.

Экскаваторы с прямой лопатой применяются преимущественно для разработки сухих или осушенных грунтов, а с обратной лопатой — при разработке водонасыщенных грунтов, так как в этом случае экскаватором легче устраивать зумпфы для открытого водоотлива и сам экскаватор будет располагаться на более высоких отметках.

При разработке сухих грунтов экскаватор с прямой лопатой имеет существенное преимущество перед экскаватором с обратной лопатой и драглайном, так как им возможно разрабатывать грунт непосредственно у стен

колодца и даже частично под наклонной гранью ножа колодца.

Грунт на поверхность выдается башенными кранами, кранами-экскаваторами или другими кранами. При работе с башенными кранами необходимо в процессе погружения колодцев проверять вертикальность крана не реже двух раз в смену (в начале и в конце смены), и в случае отклонений его от вертикали, даже самых незначительных, производить баллаستировку подкранового пути и выравнивание крана. Грунт погружается в саморазгружающиеся бадьи вместимостью, соответствующей грузоподъемности крана. Для башенных кранов типа БКСМ-5-5А применяют бадьи на 2—2,5 м³. Поднятый на поверхность грунт отвозится автосамосвалами в отвал или используется для подсыпки и планировки территории стройплощадки.

Один экскаватор Э-652 и один бульдозер, разрабатывающие грунт в колодце, обеспечивают работу двух башенных кранов.

Три башенных крана устанавливаются на колодцах диаметром более 35—40 м. При использовании кранов большой грузоподъемности бадьи для грунта имеют объем до 3—5 м³.

Основными рабочими механизмами при гидромеханизированной разработке грунта являются гидромониторы и гидроэлеваторы или землесосы.

Гидромонитор (рис. VII-13) состоит из стальной крестовины, вертикального сальника, при помощи которого гидромонитор может вращаться вокруг вертикальной оси на 360°, и двух горизонтальных сальников, дающих возможность гидромонитору вращаться на 270° вокруг горизонтальной оси. Ствол гидромонитора приварен к отводам и имеет конусообразную форму, на конец которого могут наворачиваться съемные насадки различного сечения для получения сосредоточенной струи воды.

Управление гидромонитором осуществляется при помощи двух рукояток. Задвижка служит для перекрытия воды, поступающей под напором из водопровода при смене насадок или выключении гидромониторов.

Гидромониторы монтируются на специальных консолях, закрепленных к стенам колодцев. Консоли располагаются на 50—70 см выше уреза наклонной грани ножа колодца и укрепляются в стенах колодца во время его бетонирования. Гидромониторы размещают так, чтобы

ими можно было разработать грунт в любой точке колодца. Одним гидромонитором типа ГМ-150 обеспечивается разработка 150—250 м² песчаных и супесчаных грунтов и 100—150 м² суглинистых грунтов.

Гидромониторы типа ГМ-250 обеспечивают разработку почти вдвое большей площади, но их рекомендуется

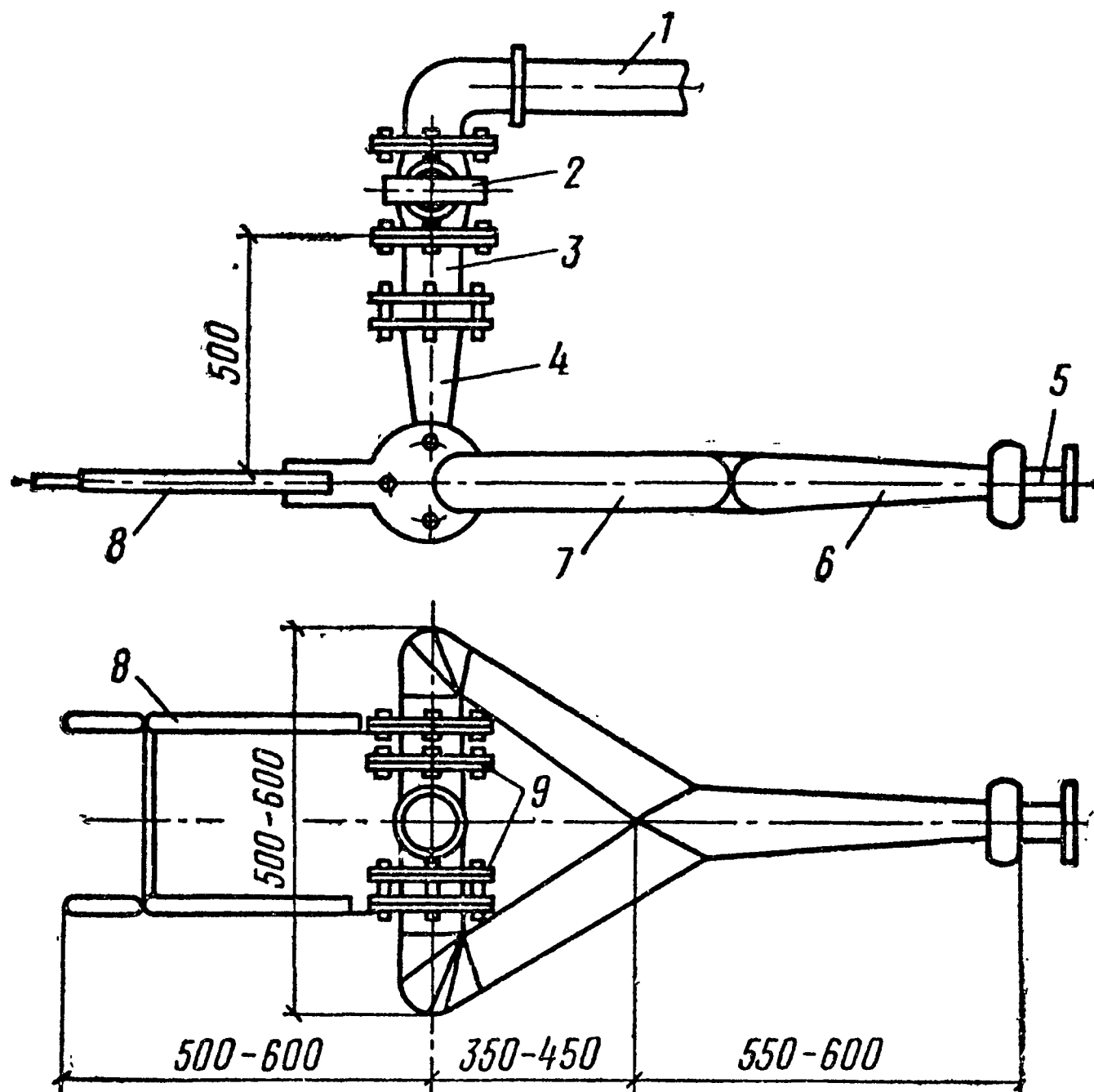


Рис. VII-13. Схема гидромонитора

1 — напорный водовод; 2 — задвижка; 3 — сварная крестовина; 4 — вертикальный сальник; 5 — насадок; 6 — ствол гидромонитора; 7 — сварные отводы; 8 — рукоятка; 9 — горизонтальные сальники (2 шт.)

применять только на больших колодцах (диаметром более 30 м), так как они требуют больших расходов воды и насосов большой производительности.

Рациональный радиус действия гидромониторов 7—10 м при разработке песчаных грунтов и 4—7 м при разработке суглинистых и глинистых грунтов. В круглых опускных колодцах гидромониторы располагаются равномерно по периметру колодца. При наличии внутри ко-

лодца поперечных стен гидромониторы закрепляются и на них. Схема размещения гидромониторов непосредственно на консольной площадке применяется тогда, когда погружение ножа колодца опережает разработку

грунта. Гидромониторы опускаются ниже консольной площадки, когда разработка грунта опережает опускание ножа колодца.

Рабочее давление воды в гидромониторе принимается в зависимости от плотности разрабатываемого грунта: для песков до 0,2—0,3 МПа, для суглинков 0,4—1 МПа, для глины до 1,2—1,5 МПа и более.

Транспортировка грунта из колодцев площадью до 300—350 м² осуществляется гидроэлеваторами. В колодцах большей площади используются землесосы типа 8ГР-8Т и углесосы типа 12У-10.

Основными конструктивными деталями гидроэлева-

тора (рис. VII-14) являются: диффузор, горловина, камера смешения, сальниковый шарнир, всасывающая труба и насадка. Вода от насоса под давлением подводится к насадке, через который с большой скоростью попадает в камеру смешения. Струя воды, выходящая из насадки, увлекает имеющийся в камере смешения воздух, создает в ней разрежение, вследствие чего происходит засасывание пульпы. Попадая в камеру смешения, пуль-

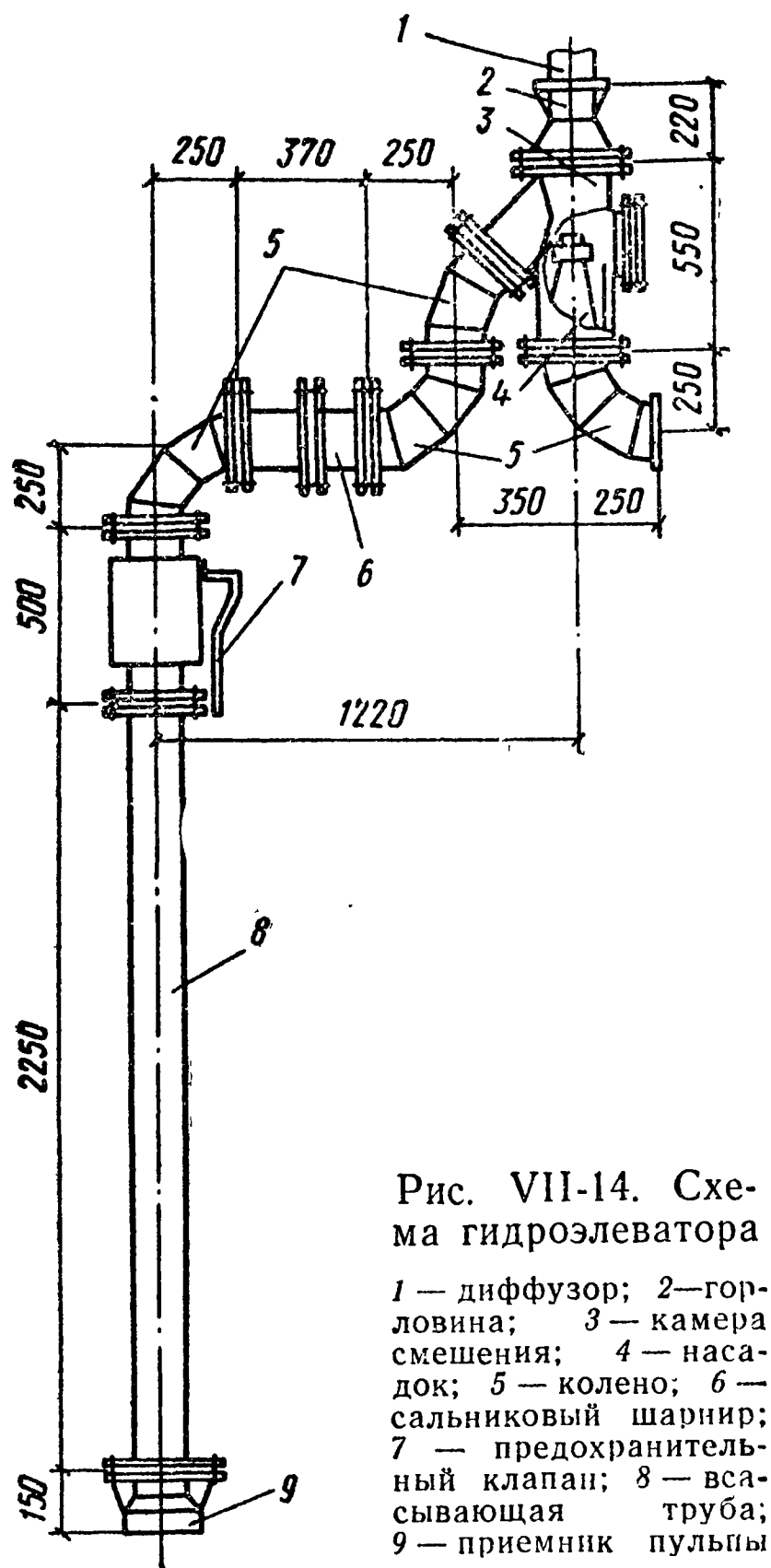


Рис. VII-14. Схема гидроэлеватора

1 — диффузор; 2 — горловина; 3 — камера смешения; 4 — насадка; 5 — колено; 6 — сальниковый шарнир; 7 — предохранительный клапан; 8 — всасывающая труба; 9 — приемник пульпы

па увлекается рабочей струей воды через горловину и диффузор в напорный пульповод.

На конце всасывающей трубы закрепляют приемник пульпы. Во избежание попадания во всасывающую трубу гидроэлеватора крупных включений (камней, обрезок

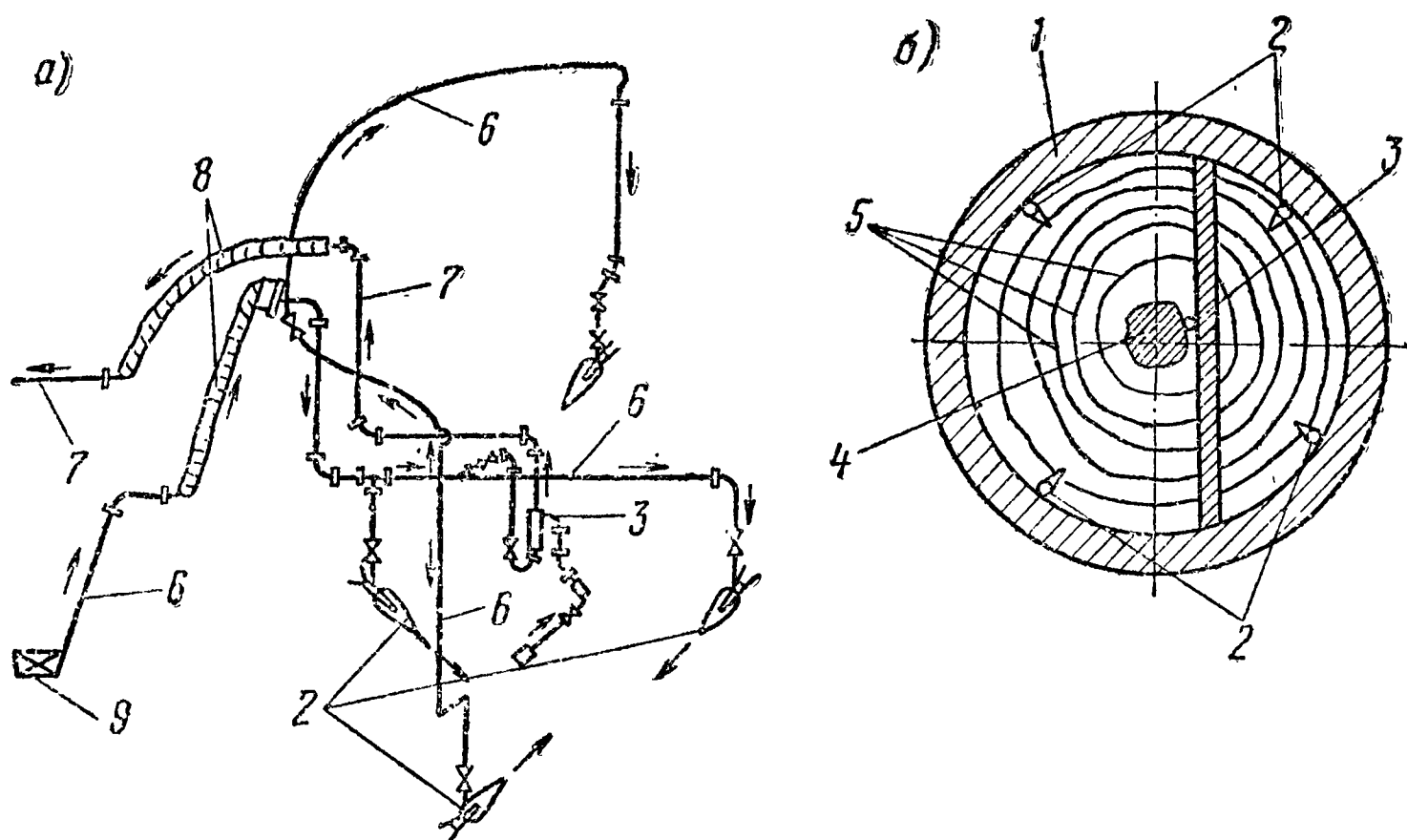


Рис. VII-15. Технологическая схема разработки грунта в опускном колодце с помощью гидромониторов и гидроэлеваторов

а — принципиальная гидравлическая схема; *б* — схема размещения в колодце гидромониторов и гидроэлеваторов и разработки грунта; 1 — колодец; 2 — гидромониторы; 3 — гидроэлеватор; 4 — зумпф; 5 — рельеф разрабатываемого в колодце грунта; 6 — водовод; 7 — пульповод; 8 — гибкие шланги; 9 — насосная станция

досок и пр.) приемник закрывают сеткой. Всасывающую трубу гидроэлеватора нередко делают из гибкого шланга для размещения приемника пульпы в различных участках колодца.

Принципиальная схема размещения и работы оборудования гидромеханизации в круглом опускном колодце диаметром 20—26 м с поперечной схемой показана на рис. VII-15.

Транспортировка пульпы из больших опускных колодцев осуществляется землесосами и углесосами. Техническая характеристика землесосов приведена в табл. VII-1. Применяются две схемы размещения землесосов в опускном колодце:

землесос располагается так же, как и гидромонитор,

на выносной консоле, закрепленной в стене колодца (рис. VII-16);

землесос размещается на плавучем металлическом понтоне (рис. VII-17).

Каждая из этих схем имеет свои преимущества и недостатки. Землесос, размещенный на консоле, легко об-

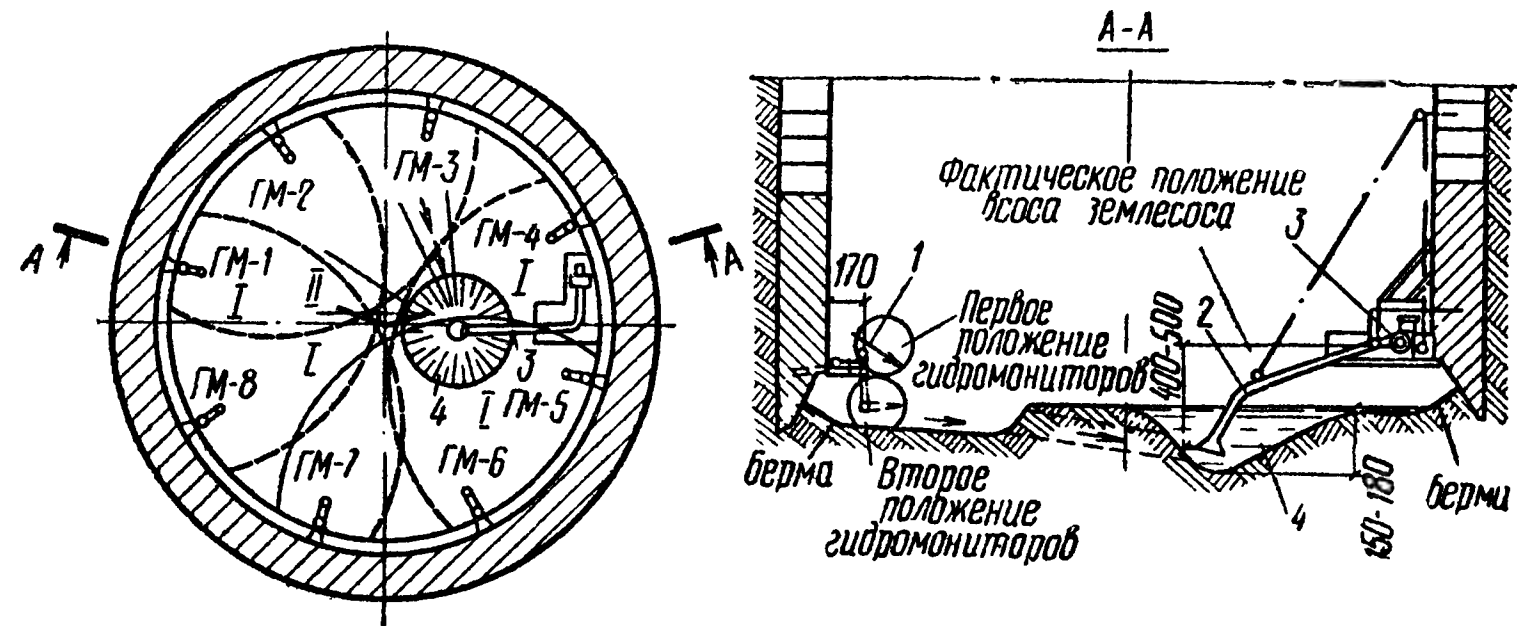


Рис. VII-16. Схема разработки грунта в опускном колодце с применением землесоса, размещенного на консоле стены колодца

1 — гидромониторы, 2 — всасывающая труба землесоса; 3 — землесос; 4 — зумпф

Таблица VII-1
Технические данные землесосов

Показатель	Тип землесоса					
	6НЗ	8НЗ	ЗГР-8	5ГР-8	8ГР-8	12У-10 (углесос)
Производительность, м³/ч	400	800	50	150	400	600—
Максимальный напор, м	27	25	15	33	36,7	900
Диаметр всасывающего патруб­ка, мм	200	250	80	125	200	80—
То же, напорного пат­руб­ка, мм	150	200	72	100	150	85
Габариты, мм:						
длина	1 750	2 280	1411	1856	2 550	300
ширина	950	1 200	485	856	950	1 895
высота	740	1 170	625	850	1 195	1 095
Вес, Н	12 600	21 300	3850	8600	22 250	1 135
Мощность электродви­гателя, кВт	75	110	40	100	125	16 000
						320

служивать, но он имеет значительную вакуумметрическую высоту всасывания и работает не всегда устойчиво. Кроме того, существенным недостатком является большая дальность транспортировки пульпы к зумпфу землесоса. Во второй схеме усложняется подача воды, удаление пульпы от землесоса и эксплуатация землесоса, но землесос имеет минимальную высоту всасывания и

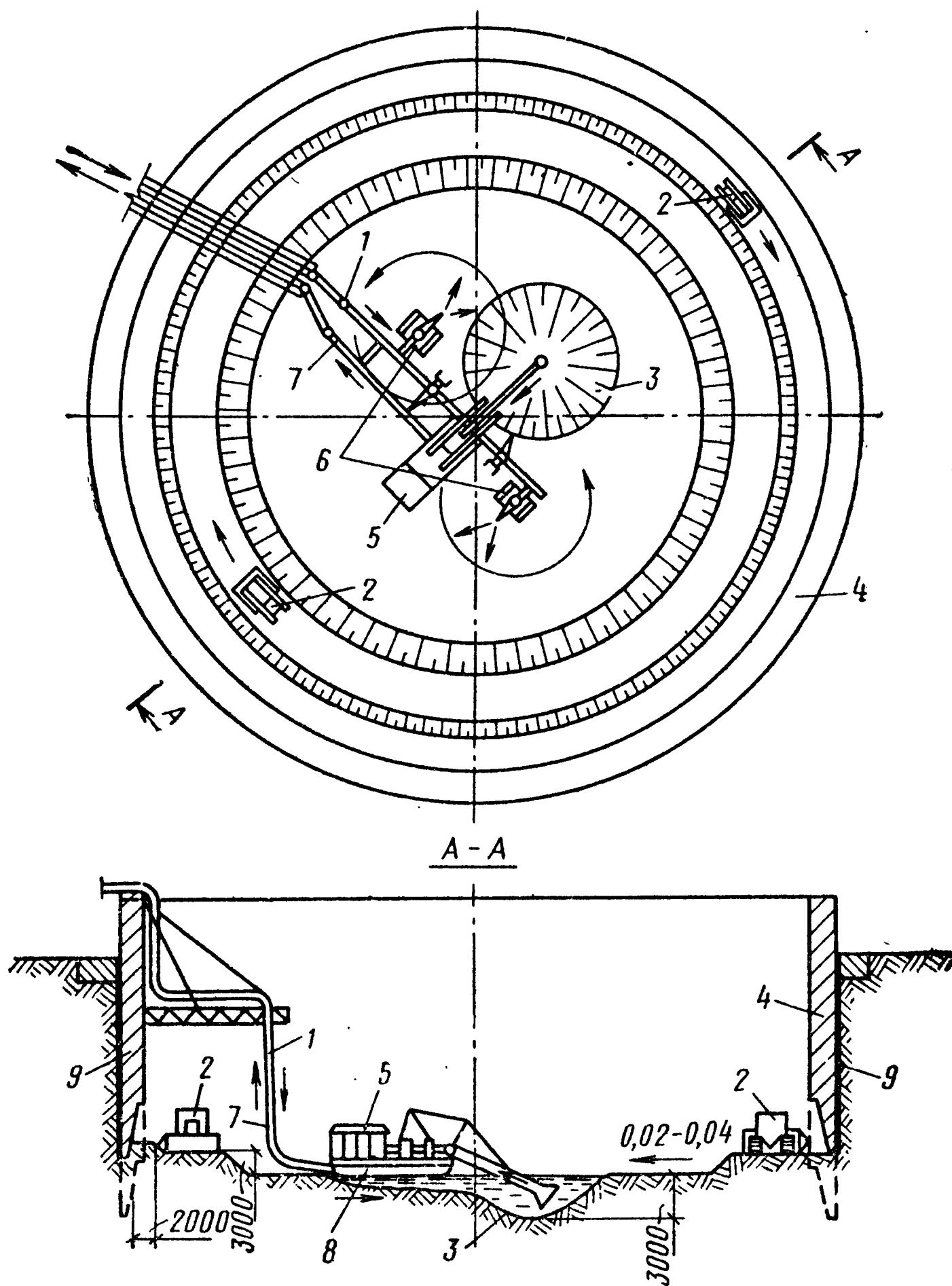


Рис. VII-17. Схема разработки грунта в опускном колодце с применением землесоса, расположенного внутри колодца на понтоне
1 — напорный водовод; 2 — бульдозер; 3 — зумпф; 4 — колодец; 5 — землесос; 6 — гидромониторы; 7 — пульповод; 8 — понтон; 9 — тиксотропная рубашка

Таблица VII-2
Технические данные центробежных насосов

Показатель	Марка насоса							
	6НД _с	12НД _с	14НД _с	6НД _в	8НД _в	8М-8×4	10НМК×2	18НД _с
Производительность, м³/ч	330	1260	1260	360	{ 600 400	150	1000	1980
	216	900	800	216	{ 720 540	230	720	2700
Высота подъема, м	64	64	37	46	{ 35 32	185	182	34
	69	51	33	42	{ 89 74	155	170	58
Частота вращения, об/мин	2950	1450	960	1450	960 1450	1450	1450	730 960
Мощность электродвигателя, кВт	100	270	160	75	{ 100 55	155	650	225
	75	160	100	40	{ 240 160	155	470	520
К. п. д. насоса, %	76	88	87	75	{ 79 79	68,5	85	91
	77	84	84	71	{ 81 79	70	81	91
Допускаемая вакуумметрическая высота всасывания, м	3	3,6	5	4	{ 3,8 6,5	6,4	2	4,8
	5,3	5	5	5,5	{ 1,4 4	5,6	3	1,3
Примечание. Марки насосов расшифровываются следующим образом: первая цифра — диаметр напорного или входного для многоступенчатого насоса 8М-8×4 патрубка в мм, уменьшенный в 25 раз; Н — насос; Д — двусторонний вход рабочего колеса; с — средненапорный; в — высоконапорный; М — многоступенчатый; вторая цифра у насоса 8М-8×4 — коэффициент быстроходности, уменьшенный в 10 раз; последняя цифра — число колес; К — завод-изготовитель.								

работает устойчиво. Длина транспортировки пульпы от гидромониторов, закрепленных на стене колодца, к зумпфу землесоса уменьшается.

При разработке грунта в больших опускных колодцах диаметром более 30—35 м на плавучей землесосной установке монтируют гидромониторы, с помощью которых разрабатывается грунт в центральной части колодца. Эта схема является наиболее рациональной.

Вода для гидромониторов и гидроэлеваторов подается от насосных станций насосами высокого давления. Техническая характеристика насосов, рекомендуемых для гидромеханизированной разработки грунта в опускных колодцах, приведена в табл. VII-2. Пульпа подается в отвал или в специальные отстойники (осветлители), и насосы работают на оборотной воде. Для разработки грунта можно использовать и воду, откачиваемую из системы водопонижения.

Для разработки грунта в опускных колодцах применяются двух-, трех- и четырехлопастные грейферы и грейферы-долота объемом 0,5—1,5 м³. Для лучшего рыхления грунта лопасти грейферов снабжаются специальными стальными зубьями. Как правило, грейферами разрабатывают грунты 1-й и 2-й категории. Для грунта 3-й категории используют специальные тяжелые грейферы вместимостью более 1 м³ и грейфера-долота. Грейферы применяются одноканатные, двухканатные и моторные (с принудительным индивидуальным приводом закрытия лопастей).

Грейферами выбирают грунт из-под воды и всухую. В первом случае грунт разрабатывают тремя способами (рис. VII-18).

Первым способом ведут работы при строительстве небольших опускных колодцев диаметром до 10—12 м, погружаемых в песчаные и плывунные грунты. Сначала грунт разрабатывается в центре колодца. Постепенно очертание поверхности грунта в колодце приобретает форму конуса с вершиной в центре колодца; нож обнажается, уменьшается поверхность его опирания и колодец погружается в грунт. Для этой схемы используется кран со стрелой, перекрывающей колодец с одной стороны.

Второй способ заключается в разработке грунта в колодце круговыми concentрическими траншеями. Вначале разрабатывают грунт в центре колодца, затем коль-

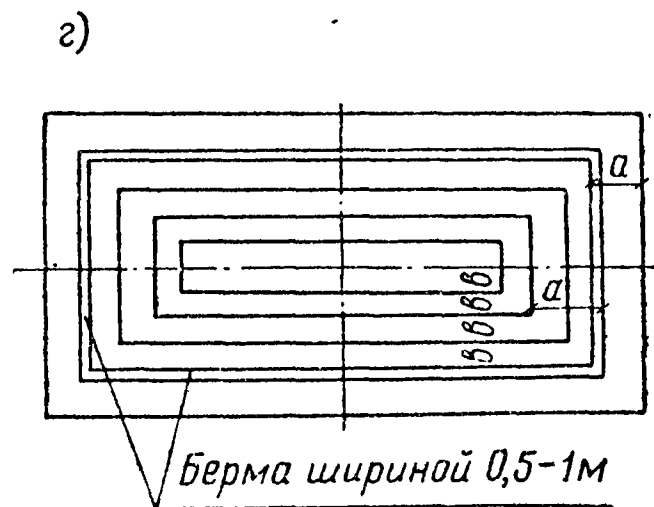
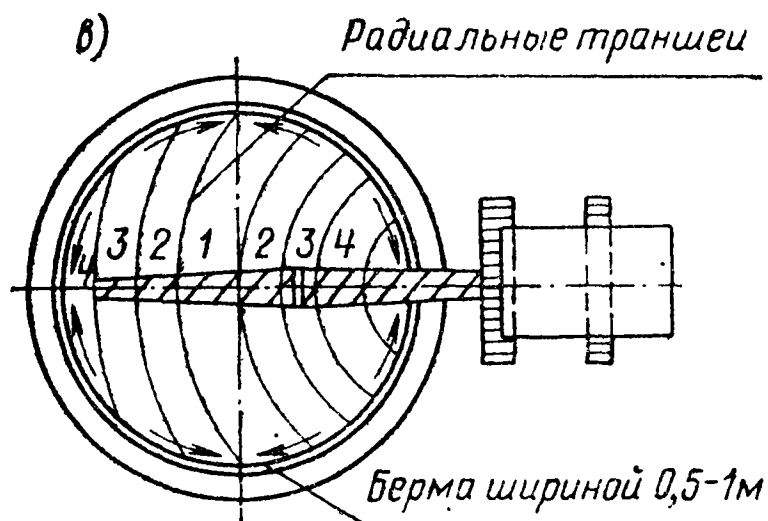
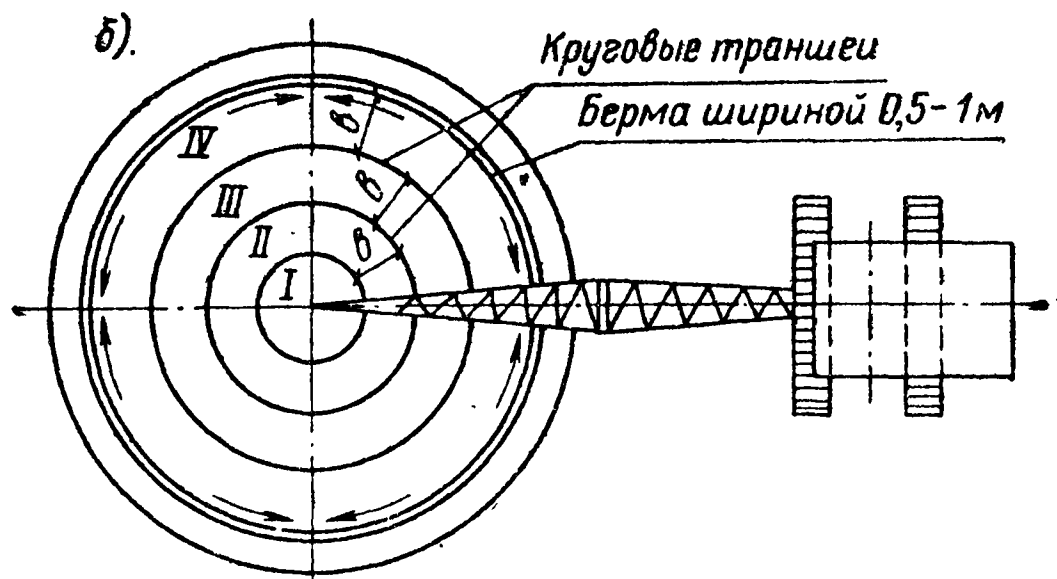
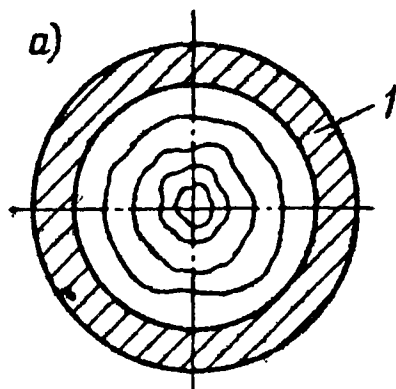
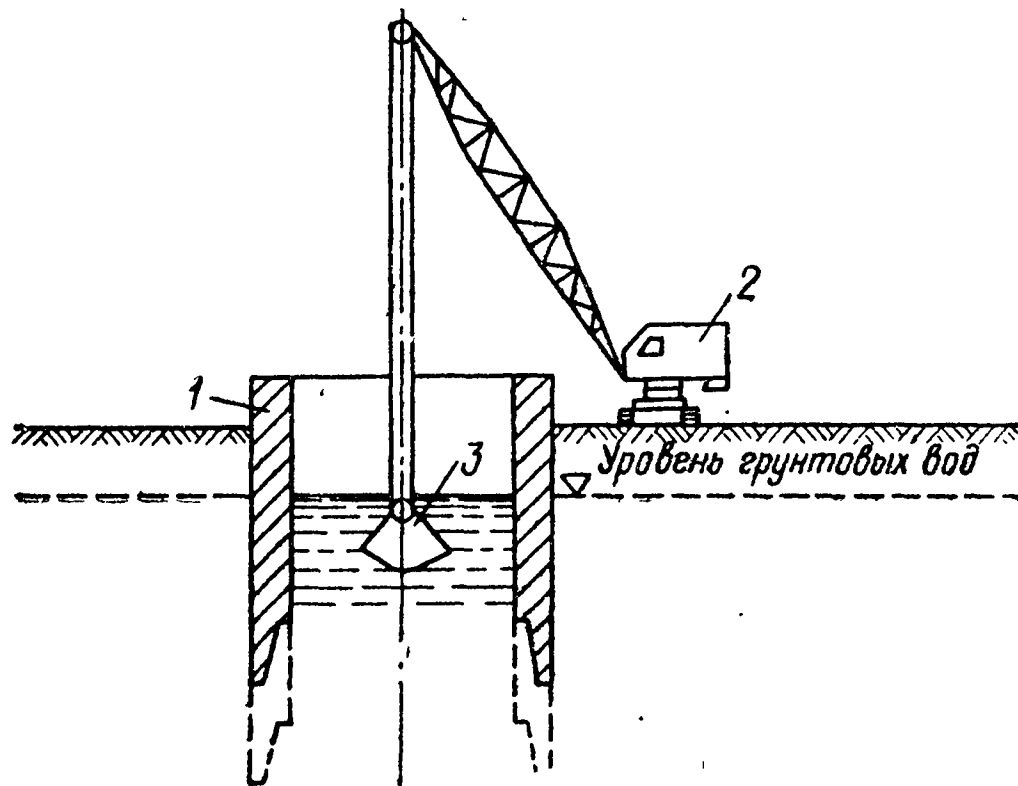


Рис. VII-18. Схемы разработки грунта в колодце грейфером
 а — разработка грунта в центре колодца; б — разработка грунта способом круговых траншей; в — то же, способом радиальных траншей; г — то же, квадратами или прямоугольниками; 1 — колодец; 2 — кран экскаватор; 3 — грейфер; I—IV — очередность разработки траншей

цевой траншеей (при круглом колодце) ближе к стене колодца и в последнюю очередь грунт у стен колодца.

По третьему способу первоначально разрабатывают траншею в середине колодца от стены до стены, затем справа и слева от нее и т. д. Ширина траншеи обычно равна или чуть больше ширины раскрытия грейфера. При диаметре колодца более 15 м ширина траншеи может быть увеличена.

При всех способах разработки грунта грейфером под водой необходимо следить за тем, чтобы в центральной части колодца грунт был разработан ниже, чем у стен его.

Разработку мелкопесчаных и плавунных грунтов необходимо вести в три смены с максимальной интенсивностью. Задержка в разработке грунта ведет к наплыву грунта в колодец и, следовательно, к увеличению стоимости работ и сроков строительства. При сильном наплывании грунта в колодец рекомендуется поднимать уровень воды в колодце на 1—3 м выше существующего вокруг колодца уровня грунтовых вод, накачивая ее в колодец.

При зависании колодца следует периодически резко понижать уровень воды в колодце интенсивной ее откачкой, что увеличивает вес колодца, и он может легче погружаться в грунт. Однако необходимо иметь в виду, что во время резких откачек воды из колодца происходит наплыв грунта в колодец.

Присутствие рабочих в осушенном колодце во время работы грейфера не допускается.

5. Водопонижение при строительстве опускных колодцев

В настоящее время применяют два способа водопонижения: открытый водоотлив и глубинное водопонижение.

Открытый водоотлив (рис. VII-19) осуществляют при незначительном притоке воды в колодец или при разработке скальных и полускальных грунтов, когда можно не опасаться выхода грунта из-под ножа колодца. В последнем случае открытый водоотлив может быть использован и при значительных притоках воды. При открытом водоотливе вода поступает в зумпф, заглубленный на 1—2 м ниже отметки разрабатываемого грунта в колод-

це, и откачивается центробежными самовсасывающими насосами.

По мере разработки грунта и опускания колодца зумпф систематически заглубляется. В малых колодцах делается один зумпф, а в больших — два, три и более в зависимости от площади колодца и притока грунтовых вод. Если грунтовая вода к зумпфу поступает слабо и разрабатываемый в колодце грунт плохо осушает-

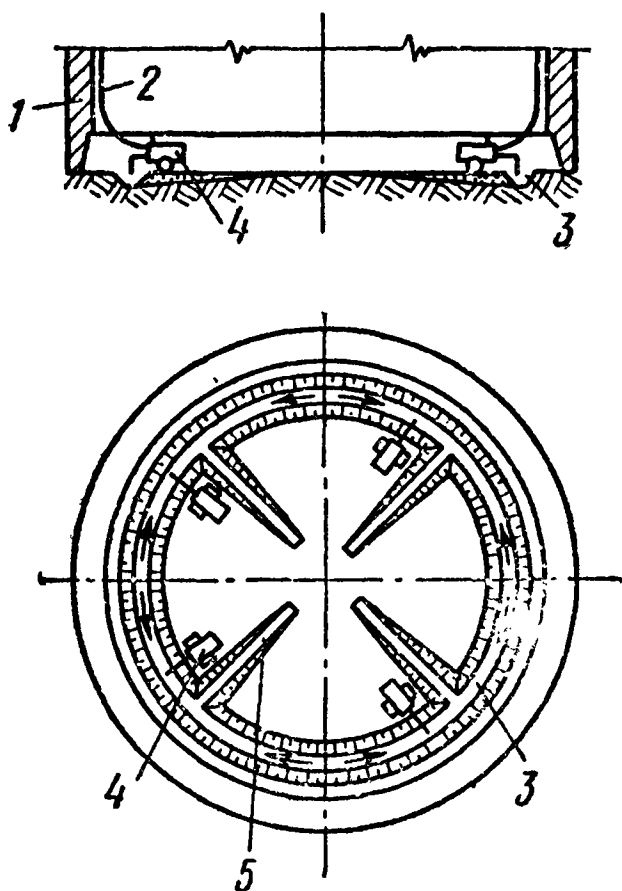


Рис. VII-19. Схема осушения колодца способом открытого водоотлива

1 — колодец; 2 — сбросной трубопровод; 3 — кольцевая траншея; 4 — насос; 5 — радиальная траншея

ся, то к зумпфу делаются специальные траншеи — радиальные и кольцевая, по которым вода стекает к зумпфам. Кольцевая траншея устраивается на некотором расстоянии от стенки колодца, чтобы оставить берму шириной 2—3 м для облегчения разработки грунта под ножковой частью колодца.

При бетонировании днища колодца с открытым водоотливом под днище укладывают специальный фильтрующий слой из щебня или гравийно-песчаного грунта толщиной 50—100 см и оборудуют постоянные зумпфы, из которых откачивается вода в течение бетонирования и набора бетоном 100%-ной прочности. Зумпф сваривается в виде перфорированного металлического ящика или обрезка металлической трубы большого диаметра. Вокруг металлического зумпфа отсыпается обратный фильтр, чтобы исключить вынос грунта из-под днища колодца.

При глубинном водопонижении вода откачивается из скважин, расположенных вокруг колодца и заглуб-

ленных ниже отметки опускания колодца (рис. VII-20).

Способ водопонижения опережающими скважинами, монтируемыми внутри колодца, применяется реже, чем описанные выше, так как скважины, находящиеся внутри колодца, осложняют производство работ внутри колодца. Опережающие скважины могут быть оборудованы легкими иглофильтрами и артезианскими насосами. На небольших опускных колодцах, погружаемых в грунт

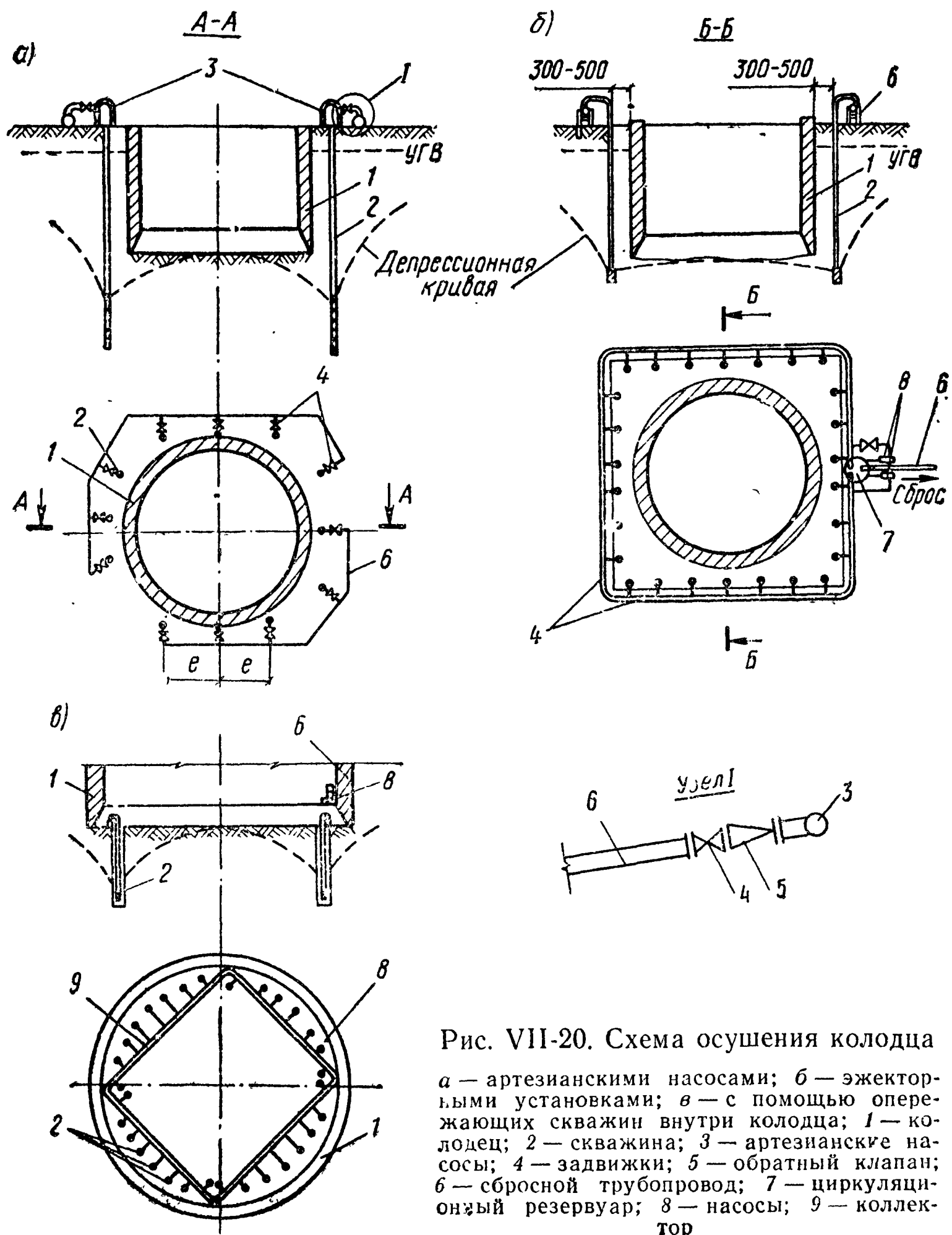


Рис. VII-20. Схема осушения колодца

а — артезианскими насосами; б — эжекторными установками; в — с помощью опережающих скважин внутри колодца; 1 — колодец; 2 — скважина; 3 — артезианские насосы; 4 — задвижки; 5 — обратный клапан; 6 — сбросной трубопровод; 7 — циркуляционный резервуар; 8 — насосы; 9 — коллектор

ты с хорошей водоотдачей, используется метод одиночных опережающих скважин, оборудованных насосом большой производительности.

Для обеспечения бесперебойной работы системы водопонижения необходимы запас водоотливных средств (насосов) и резервный источник питания электроэнергии.

6. Устранение характерных осложнений при строительстве колодцев

При сооружении опускных колодцев могут происходить перекосы колодцев, зависание их, самопроизвольное опускание и появляться трещины в стенах опускных колодцев.

Для предупреждения возможных перекосов колодца в начале опускания необходимо строго выполнять весь технологический процесс снятия колодца с подкладок, предусмотренный проектом производства работ. Перекосы (крены) колодца можно исправлять тремя способами:

- опережающей и более интенсивной разработкой грунта под ножевой частью колодца, менее заглубленной в грунт;

- дополнительной пригрузкой того участка стены колодца, которая менее заглублена в грунт;

- локальным уменьшением трения грунта о наружную стену колодца, менее заглубленную в грунт, получаемым при откопке грунта у наружной поверхности стены колодца, размывом грунта гидроиглой, виброразрушением его с помощью металлической шпунтины и балки со специальным карманом для извлечения грунта.

Зависание опускного колодца может быть следствием недоучета всех геологических и производственных условий при разработке проекта опускного колодца. Зависания колодцев устраняют теми же средствами, что и перекосы. В зимний период зависания происходят из-за примерзания стен колодца к грунту. При вынужденной остановке погружения колодца в зимнее время примерзание может произойти у ножа колодца через наклонную грань. Поэтому при опускании колодцев в зимний период рекомендуется не снимать деревянную опалубку с внутренних стен колодца, а с наружной стороны колодца утеплять грунт опилками или песком. Работы

по опусканию колодцев зимой следует производить с таким расчетом, чтобы не вызывать длительных остановок погружения колодца.

Самопроизвольное опускание колодцев происходит, когда основания, на которых должен быть остановлен колодец, сложены слабыми грунтами и не выдерживают нагрузок от колодца. Самопроизвольное опускание ко-

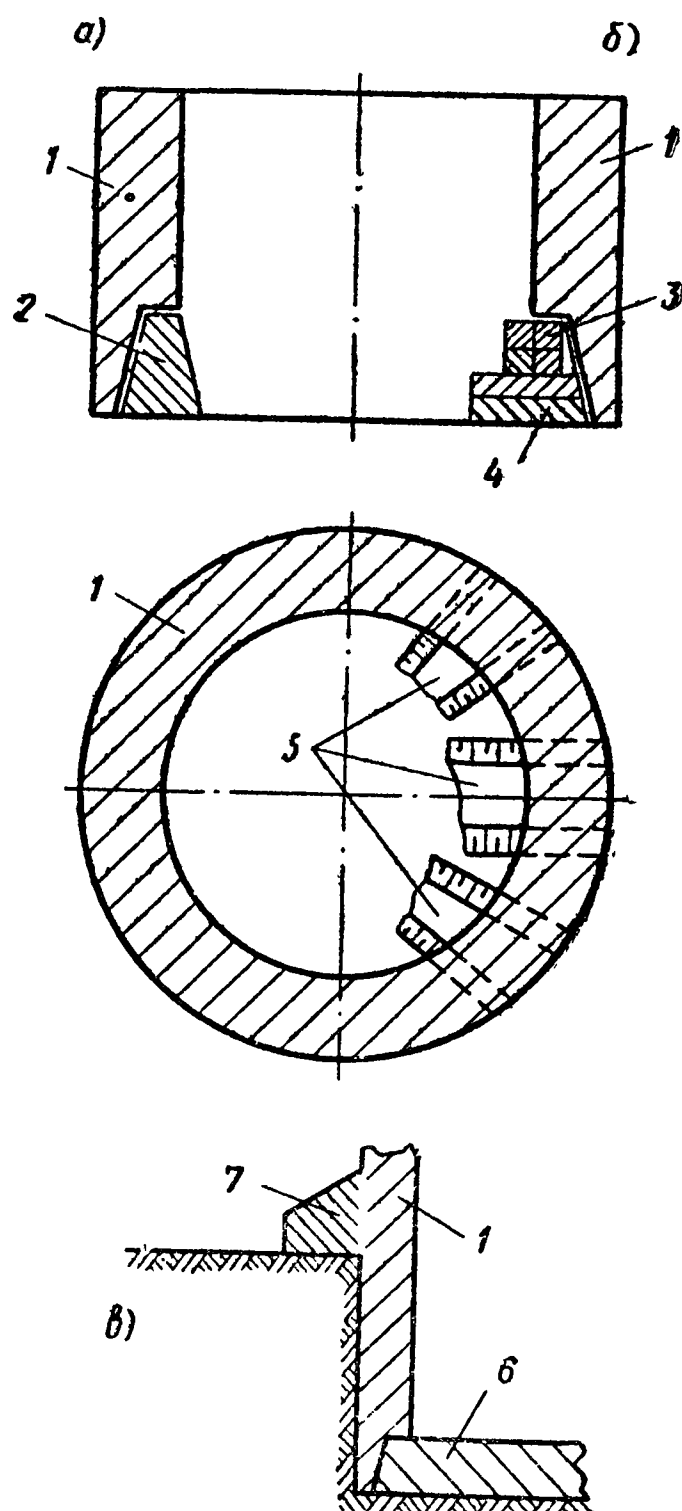


Рис. VII-21. Схемы принудительной остановки опускания колодца

а — с применением специальных железобетонных блоков; б — с использованием бетонных дорожных плит и фундаментных блоков; в — с помощью железобетонного пояса вокруг колодца; 1 — колодец; 2 — специальный железобетонный блок; 3 — фундаментные блоки; 4 — дорожные плиты; 5 — радиальные траншеи под нож колодца; 6 — днище; 7 — железобетонный пояс

лодца можно остановить двумя способами (рис. VII-21).

Под наклонную грань колодца и под уступ ножа подводятся специальные железобетонные фигурные блоки или железобетонные дорожные и фундаментные блоки. Для этого к ножевой части колодца отрываю радиальные траншеи глубиной, равной отметке банкетки ножа. Траншеи делаются поочередно, чтобы избежать выемки большого количества грунта из-под ножа и не вызвать дальнейшего опускания колодца.

Если произвольное опускание колодца предвидится заранее, то способ задержания колодца на проектной отметке указывается в проекте. Чаще всего для этой цели делается с наружной стены колодца железобетонная кольцевая консоль (рис. VII-21, в), которая опирается на заранее подготовленную поверхность земли и задерживает дальнейшее опускание колодца.

Трещины в стенах колодцев, как показывает опыт, могут появляться вследствие двух причин:

недостаточной жесткости стен колодца и неполного учета нагрузок и сил, действующих на колодец в процессе его опускания в грунт;

нарушения технологии производства работ по опусканию колодцев.

Поэтому при строительстве опускных колодцев категорически запрещается:

разгружать вынутый из колодца грунт в зоне призмы обрушения грунта вокруг колодца, так как это создает большие дополнительные и чаще всего неравномерные нагрузки на стены колодца;

разрабатывать грунт под банкеткой ножа более чем на 50—70 см ниже банкетки ножа, так как в случае быстрого опускания колодца в его стенах могут возникнуть большие динамические нагрузки, не предусмотренные расчетом;

разрушать грунт под ножом колодца сосредоточенными взрывами большой мощности (разрешается только мелкошпуровыми малообъемными зарядами);

допускать неравномерное обжатие стен колодца грунтом. В случаях вывала грунта с одной стороны колодца немедленно засыпать обвал.

§ 2. КЕССОНЫ

1. Область применения и классификация

В настоящее время кессоны применяются, когда: подземное сооружение возводится в непосредственной близости от существующих зданий или сооружений и есть опасность выноса или выпора грунта из-под подошвы их фундаментов;

подземное сооружение строится в сильно обводненных грунтах. В этих условиях опускной колодец требу-

ет больших затрат на водоотлив, и поэтому экономически выгоднее использовать кессон. Кроме того, кессон находит применение при проходке горизонтальных туннелей в водонасыщенных грунтах.

По назначению различают кессоны: для устройства глубоких фундаментов и заглубленных зданий; для выполнения различных строительных работ под водой.

По способу опускания кессоны делят на: опускаемые с поверхности земли и из котлованов; островные, погружаемые на местности, покрытой водой, с искусственных островков; наплавные, опускаемые с воды путем затопления кессонной камеры, которой предварительно сообщается плавучесть [27].

2. Элементы кессона и оборудование для его опускания

а. Кессоны для устройства глубоких фундаментов и заглубленных зданий

Собственно кессон (рис. VII-22) состоит из кессонной камеры, надкессонного строения, гидроизоляции. Обычно кессонная камера устраивается из железобетона и лишь в редких случаях — из металла. Форма сече-

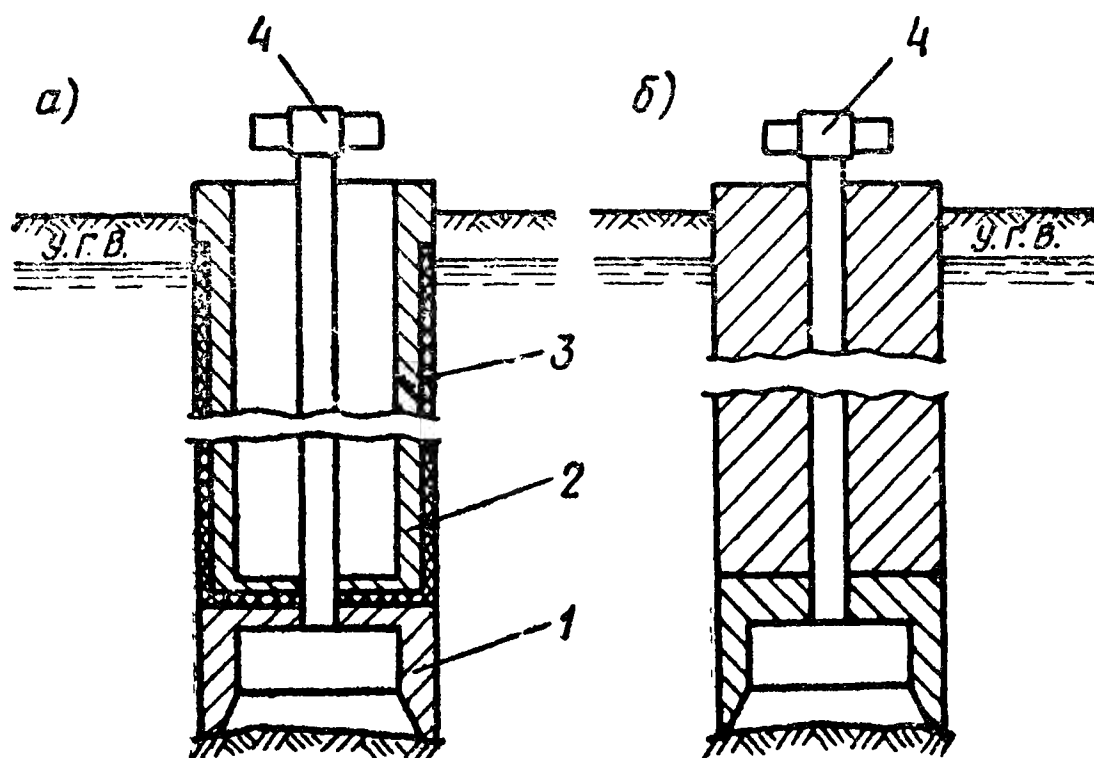


Рис. VII-22. Схемы устройства кессона

*а — для заглубленного здания; б — для глубокого фундамента;
1 — кессонная камера; 2 — надкессонное строение; 3 — гидроизоляция; 4 — шлюзовой аппарат*

ния кессонной камеры — прямоугольная, квадратная или круглая. Стенки камеры наклонные и заканчиваются ножом (рис. VII-23). Высота камеры от банкетки до потолка принимается не менее 2,2 м. В потолке оставляются отверстия для установки шахтной трубы, патрубков для трубопроводов сжатого воздуха, воды, электроэнергии.

Надкессонное строение выполняется в зависимости от назначения кессона как колодец с железобетонными

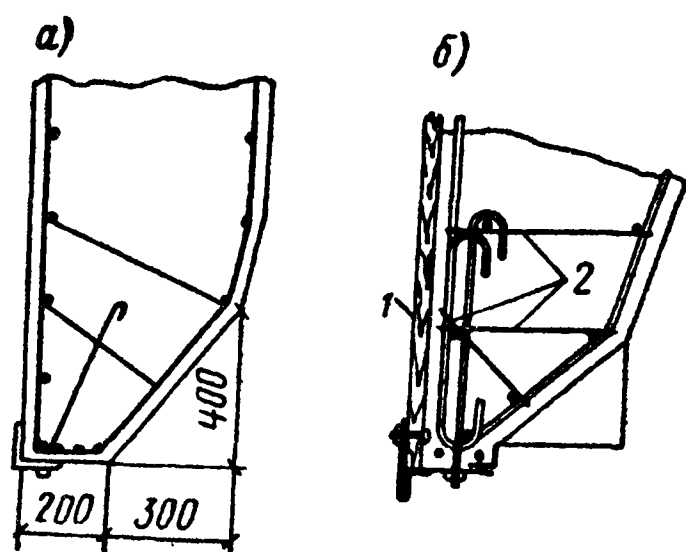


Рис. VII-23. Нож кессона
а — тупой; б — с резцом; 1 — опалубка; 2 — хомуты

стенками (рис. VII-22, а) или в виде сплошного массива из монолитного бетона или железобетона (рис. VII-22, б). Иногда в конструкции надкессонного строения предусматривается установка по наружному контуру кессона тонких железобетонных плит-оболочек, выполняющих роль внешней опалубки. С внутренней стороны плиты-оболочки снабжаются выпусками арматуры или покрываются мелким щебнем (щебеночная шуба). То и другое служит связью для бетона, укладываемого в надкессонное строение.

Гидроизоляция наносится на наружные стенки кессона для защиты от проникания воды внутрь кессона. В качестве гидроизоляции применяются торкрет, покраска битумно-бензиновым раствором, штукатурка из холодных битумных мастик и из горячих асфальтовых растворов, металлические листы, свариваемые в виде ванны. Перед нанесением гидроизоляции поверхность бетона должна быть хорошо очищена от грязи, краски, масляных пятен и т. п. Удаляют также слой слабого бетона, выступы и наплывы на поверхности бетона, расчищают каверны.

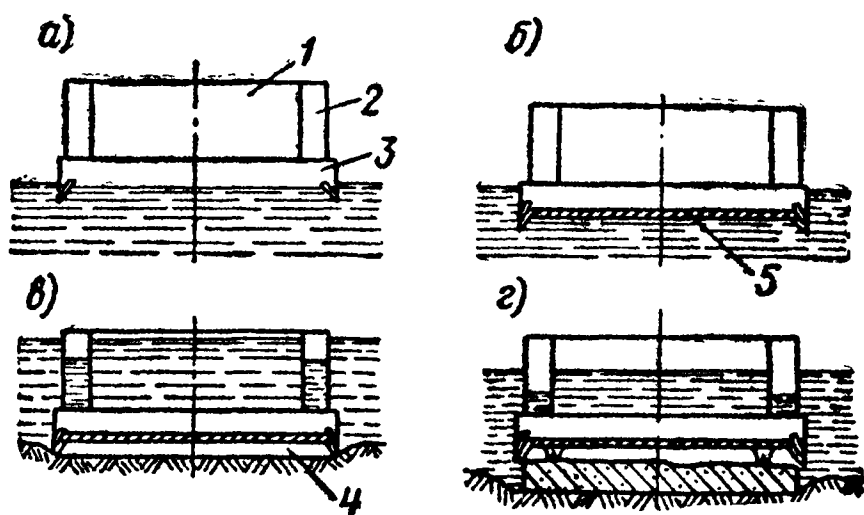
6. Наплавные кессоны

При возведении фундамента, опоры или заглубленного здания вдали от берегов водоема при значительных глубинах воды, в связи с чем устройство искусственных островков становится сложным и экономически невыгодным, используют наплавные кессоны.

Наплавной кессон (рис. VII-24) состоит из кессонной камеры, замкнутой камеры равновесия, открытой свер-

Рис. VII-24. Последовательность работ по погружению наплавного кессона

а — транспортирование кессона к месту погружения; б — погружение кессонной камеры; в — опускание камеры на дно; г — выполнение работ по кладке фундамента; 1 — центральная шахта; 2 — регулировочная шахта; 3 — замкнутая камера равновесия; 4 — кессонная камера; 5 — балласт



ху центральной шахты, регулировочных шахт, рабочего балласта на потолке камеры.

Камера равновесия, центральная и четыре регулировочные шахты наполняются водой, которая служит балластом кессона при его погружении. Для всплытия кессона водный балласт удаляется из камеры равновесия сжатым воздухом и из шахт — насосами [44].

в. Оборудование для опускания кессонов

В СССР наибольшее распространение получил шлюзовой аппарат конструкции Н. И. Филиппова. Он предназначен для шлюзования людей и грузов, поступающих в кессонную камеру, и выполнения грузоподъемных операций при спуске в камеру или подъеме различных грузов из нее. Шлюзовой аппарат соединен с кессонной камерой шахтными трубами.

Схема шлюзового аппарата представлена на рис. VII-25. Он состоит из центральной камеры, пассажирского прикамька, грузового прикамька. Сверху центральной камеры расположен подъемный механизм, состоящий из барабана, редуктора и электродвигателя.

К барабану на стальном канате подвешена бадья. Пассажирский и грузовой прикамерки имеют подвесные на роликах двери, открывающиеся только внутрь. Для герметичности при шлюзовании двери снабжены резиновыми прокладками. Сжатый воздух от компрессорной станции подается в центральную камеру и прикамерки по трубопроводу.

В центральной камере и грузовом прикамерке уложен рельсовый путь под вагонетку. Грунт, поднятый из

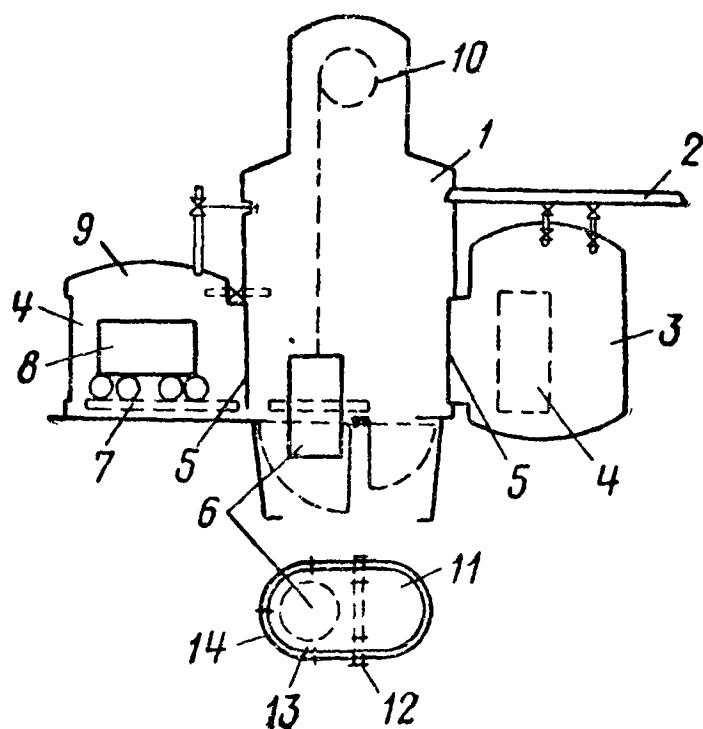


Рис. VII-25. Схема шлюзового аппарата конструкции Н. И. Филиппова

1 — центральная камера; 2 — трубопровод; 3 — пассажирский прикамерок; 4, 5 — подвесные двери; 6 — бадья; 7 — рельсовый путь; 8 — вагонетка; 9 — грузовой прикамерок; 10 — механизм подъема; 11 — лаз для людей; 12 — перегородка; 13 — грузовое отделение; 14 — овалный фланец

кессонной камеры в бадье, выгружается в вагонетку с откидным дном и выдается через грузовой прикамерок наружу, где вагонетка разгружается в специально устроенный желоб. Внизу центральная камера заканчивается овальным фланцем, к которому приболчивается шахтная труба. Шахтные трубы состоят из звеньев длиной по 2 м, соединяемых между собой болтами. Внутри шахтной трубы имеется перегородка, разделяющая трубу на два отделения — людской лаз и грузовое отделение. Людской лаз оборудован лестницей, а грузовое отделение — направляющими устройствами для спуска-подъема бадьи.

Трубопроводы для подачи сжатого воздуха монтируются из двух ниток, идущих параллельно от компрессорной станции. Диаметр трубопроводов устанавливается расчетом в зависимости от его длины и расхода сжатого воздуха. От каждой нитки магистрального воздухопровода делают три отвода — два для подачи сжатого воздуха в кессонную камеру и один в центральную камеру и

прикамерки шлюзового аппарата. Рабочей является одна из ниток воздухопровода, вторая — резервная.

Компрессорная станция монтируется, как правило, из стационарных компрессоров производительностью 10—20 м³/мин с электроприводом. Количество компрессоров определяется по максимально возможному расходу воздуха. Кроме того, на случай аварии должны быть запасные компрессоры. Согласно правилам техники безопасности, резервная мощность компрессорной станции должна быть: при одном рабочем компрессоре не меньше 100%, при двух — не менее 50%, при трех и более — не меньше 33% рабочей мощности. Технические данные воздушных компрессоров стационарного типа, применяемых на кессонных работах, приведены в табл. VII-3.

На строительстве, если максимальное давление сжатого воздуха в кессоне превышает 0,15 МПа, обязательно устанавливается лечебный шлюз для заболевших кессонной болезнью.

Оборудование для гидромеханической разработки грунта в камере кессона состоит из гидромониторов

Т а б л и ц а VII-3

Технические данные воздушных компрессоров
стационарного типа

Показатель	Марка компрессора					
	В-300-2К	2Р-20/8	160В-20/8	200В-10/8	2СА-8	КВ-200
Производительность, м³/мин	40	20	20	10	10	4,5
Давление воздуха после II ступени, МПа	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6
Частота вращения, об/мин	330	500	720—735	720	480	650
Мощность двигателя, кВт	250	120	140	75	75	50
Габариты, мм:						
длина	3 300	1 800	1 715	1 350	1 550	1100
ширина	1 820	1 500	1 910	962	1 670	665
высота	2 200	2 000	1 675	1 430	1 870	1130
Вес, Н	80 000	45 000	28 000	14 500	32 000	7500
Охлаждение	Водяное					

(рис. VII-13) и гидроэлеваторов (рис. VII-14). В комплекс одной установки для гидромеханической разработки грунта входят два гидромонитора и один гидроэлеватор. Принято считать, что одним гидромонитором можно обслужить в песчаных и супесчаных грунтах 150—250 м², а в глинистых грунтах — 100—150 м² площади кессона.

Величины удельных расходов мониторинной воды и оптимальных скоростных напоров приведены в табл. VII-4 и VII-5.

Таблица VII-4

Удельный расход мониторинной воды

Грунты	Удельный расход мониторинной воды на 1 м ³ грунта, м ³	Грунты	Удельный расход мониторинной воды на 1 м ³ грунта, м ³
Пески:		Суглинки:	
пылеватые . . .	4—7	текучие . . .	9—10
мелкие . . .	5—8	пластичные .	10—12
средней крупности	6—10	твердые . . .	11—15
крупные . . .	8—12		
гравелистые .	10—14	Глины:	
Супеси:		текучие . . .	10—11
текучие . . .	7—9	пластичные .	12—16
пластичные .	8—10	твердые . . .	14—20
твердые . . .	9—12		

Таблица VII-5

Оптимальные скоростные напоры

Грунты	Оптимальные скоростные напоры, м	Грунты	Оптимальные скоростные напоры, м
Пески:		Суглинки:	
рыхлые . . .	7—10	текучие . . .	40—50
средней плотности	10—15	пластичные .	50—70
плотные . . .	15—20	твердые . . .	70—100
Супеси:		Глины:	
текучие . . .	30—40	текучие . . .	50—70
пластичные .	40—50	пластичные .	70—100
твердые . . .	50—80	твердые . . .	100—150

3. Производство кессонных работ

При сооружении кессонной камеры и надкессонной кладки к выполнению бетонных, арматурных, опалубочных и гидроизоляционных работ предъявляются те же требования, что и при сооружении опускных колодцев (§ 1, п. 1, 3). Технология производства этих работ аналогична технологии работ по сооружению

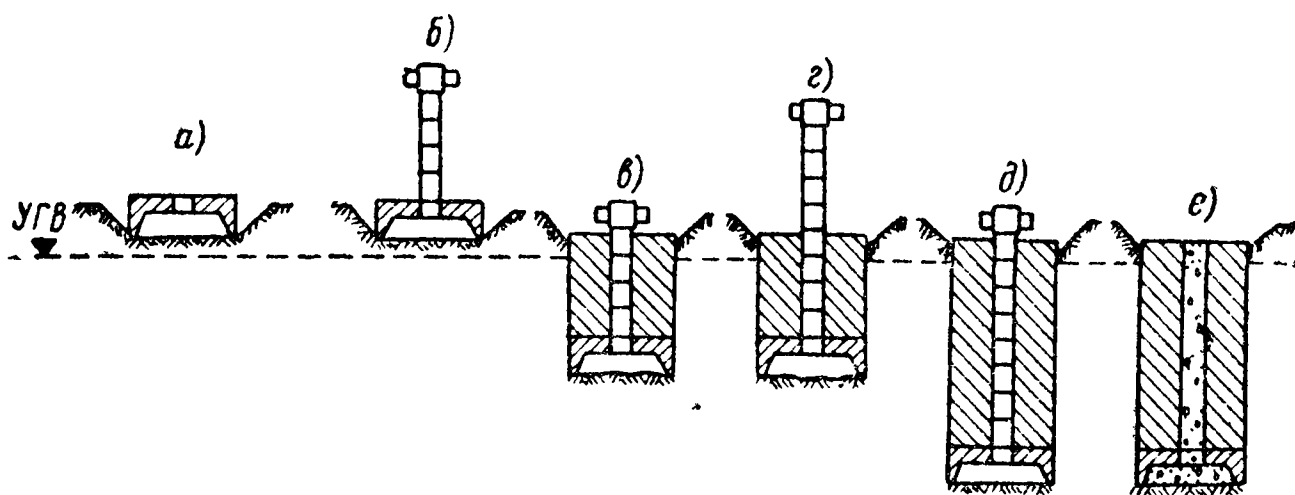


Рис. VII-26. Последовательность выполнения кессонных работ

а — сооружение кессонной камеры; б — монтаж шлюзового аппарата и шахтных труб; в — опускание кессона на некоторую глубину и бетонирование надкессонного строения; г — перемонтаж шлюзового аппарата; д — продолжение опускания и бетонирование надкессонного строения; е — демонтаж шлюзового аппарата и шахтных труб и бетонирование колодца под шахтные трубы

опускных колодцев. При устройстве кессонов используются сборные железобетонные элементы.

Организация работ по опусканию кессонов в основном зависит от условий местности, наличия средств механизации, глубины опускания, площади кессона. В практике чаще встречаются кессоны площадью 200—300 м² с глубиной опускания 20—30 м, погружаемые с поверхности земли или на местности, покрытой водой при сравнительно небольшой глубине. Последовательность рабочих операций по опусканию кессона представлена на рис. VII-26. Сначала кессон погружается без подачи сжатого воздуха в камеру, но, как только появилась грунтовая вода, кессон переводится на режим воздушного давления. Воздух отжимает воду из кессонной камеры, благодаря чему можно разрабатывать грунт в ней.

Воздушное давление в камере кессона должно удовлетворять условию

$$P_{\text{в}} \geq \frac{\gamma H}{10},$$

где P_v — избыточное воздушное давление, Па;
 H — гидростатический напор на уровне банкетки ножа, м;
 γ — плотность воды, т/м³.

При гидромеханической разработке грунта воздушное давление может быть снижено (режим пониженного давления):

$$P_v = \frac{\gamma H}{10} - (\delta_p),$$

где (δ_p) — допускаемая разность давления гидростатического и избыточного воздушного, выраженного в Па и зависящего от физических свойств грунта, в котором происходит опускание кессона.

Расход воздуха в кессоне может быть определен расчетом исходя из потребности воздуха на шлюзование, утечку его под нож кессона (при режиме пониженного давления эта утечка невозможна), утечку через неплотности в швах шлюза, шахтных труб, потолка и консолей кессонной камеры.

Для железобетонных кессонов расход воздуха на пополнение его утечек определяется следующим расчетом:

1) для кессонов с надкессонным строением из сплошной кладки и при разработке грунта насухо

$$Q = (0,5\omega + cu) \sqrt{P_v + 1} + 140n \sqrt{P_v (P_v + 1)};$$

2) для кессонов с надкессонным строением из отдельных стен (опускное сооружение) при разработке грунта насухо

$$Q = (0,75\omega + 250n) \sqrt{P_v (P_v + 1)} + cu \sqrt{P_v + 1};$$

3) для кессонов с надкессонным строением из сплошной кладки при разработке грунта гидромеханическим способом

$$Q = 140n \sqrt{P_v (P_v + 1)};$$

4) для кессонов с надкессонным строением из отдельных стен при разработке грунта гидромеханическим способом

$$Q = (0,6\omega + 200n) \sqrt{P_v (P_v + 1)},$$

где Q — расход воздуха в приведенных условиях (при $P_v = 0$), м³/ч;

ω — площадь потолка кессона, ограниченная внутренними гра-
 пями консолей, м²;

n — число шлюзовых аппаратов в кессоне;

P_v — избыточное воздушное давление в кессоне, Па;

u — наружный периметр кессонной камеры по ножу, м;
 c — коэффициент утечки воздуха через консоли и под нож, приведенный ниже.

Грунты	Коэффициент утечки
Глины и суглинки	2
Супеси и пылеватые пески	4
Мелкие пески	6
Пески средней крупности и крупные	9
Пески и супеси с крупными включе- ниями, крупнообломочные	11
Скальные	13

Расход воздуха на вентиляцию рабочих помещений кессона определяется по формуле

$$Q = 25 A (P_v + 1),$$

где A — число людей, одновременно работающих в кессоне.

4. Разработка грунта в кессонах

а. Ручная разработка

При опускании кессонов в грунты, не поддающиеся размыву (плотные обезвоженные глинистые грунты, различные скальные породы), разработка его производится при помощи пневмоинструмента и взрывным способом. В качестве пневмоинструмента применяют отбойные молотки, пневмобуры. Для транспортировки грунта в пределах кессонной камеры на потолке монтируются монорельсы с ручной талью, к которой подвешивается бадья с грунтом. Монорельсы устраиваются таким образом, чтобы грунт подавался к шахтным отверстиям практически из любой точки кессонной камеры.

Порядок разработки плотных глинистых грунтов предусматривает первоначально выемку его по контуру камеры на некотором расстоянии от банкетки ножа траншей шириной по низу около 1 м на глубину предполагаемой посадки кессона, но не более 40 см.

Расстояние от края траншеи до банкетки ножа выбирается исходя из плотности грунта. Далее рабочие-кессонщики разрабатывают грунт между траншеей и ножом камеры. Разработку грунта ведут равномерно по всему периметру кессона небольшими участками, оставляя перемиčky нетронутого грунта, на которые опирается нож кессона. После окончания выборки делают «посадку» кессона. Для этого часть перемиček убира-

ется, и кессон под собственным весом, перерезая оставшиеся перемычки, опускается на 30—40 см. Грунт из центральной части камеры удаляется постепенно слоями по 20—25 см; одновременно разрабатывают новые траншеи и цикл работ повторяется.

Если после удаления части перемычек кессон не опускается, что означает либо наступившее равновесие между силами тяжести кессона и силами трения и давления сжатого воздуха в камере, либо заклинивание кессона, то последний пригружают (например, заливая водой центральную шахту надкессонного строения) или применяют форсированные посадки. Для их осуществления открывают краны на сифонных трубах, сообщая кессонную камеру с атмосферой, и максимально снижают подачу воздуха в кессон. Разрешается кратковременное снижение давления воздуха в кессоне в пределах 50% первоначального.

В слабых грунтах и при значительном весе кессона могут происходить самопроизвольное опускание, перекосы кессона и связанное с этим перенапряжение его конструкции. Для того чтобы этого не случилось, в камеру кессона помещают шпальные клетки, на которые кессон опирается потолком. После того как опасность самопроизвольного опускания кессона миновала, шпальные клетки разбирают и выдают на поверхность. Иногда кессон опускается вместе с клетками до конца.

б. Гидромеханическая разработка грунта

При погружении кессонов в песчаные, супесчаные и песчано-гравелистые грунты целесообразно применять гидромеханическую разработку грунта в камере. Этот способ обладает рядом преимуществ, главнейшими из которых являются: резкое сокращение времени опускания кессонов по сравнению с ручной разработкой грунта и возможность обходиться малым числом людей, находящихся в камере кессона.

Сущность гидромеханизированного способа разработки грунта состоит в том, что с помощью помещенных в кессонной камере нескольких гидромониторов размывается грунт, а разжиженная масса, т. е. смесь грунта с водой (пульпа), удаляется из камеры эжекторами или гидроэлеваторами. Схема разработки грунта в камере кессона гидромониторами представлена на рис. VII-27.

Первым этапом работ является образование зумпфов в центральной части кессонной камеры (в кессонах большой площади монтируется не менее двух гидромониторных установок и соответственно делают не меньше двух зумпфов). В зумпфе устанавливают всасывающее устройство гидроэлеватора. Обычно принимают глубину зумпфа 1,2—1,8 м при диаметре по верху 2—

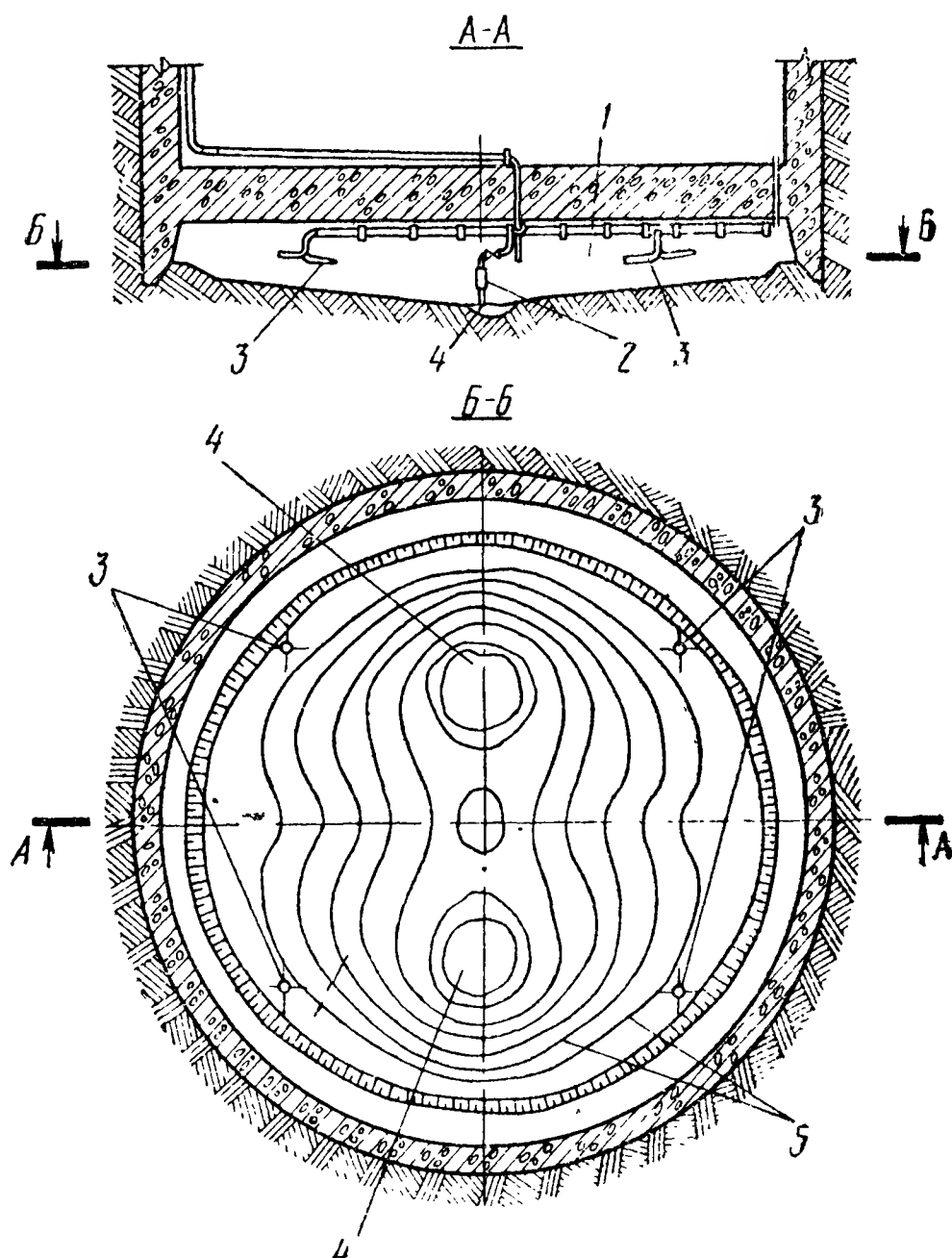


Рис. VII-27.
Схема разработки грунта в камере кессона гидромониторами

1 — камера кессона; 2 — гидроэлеватор; 3 — гидромонитор; 4 — зумпф; 5 — рельеф дна в кессонной камере

2,5 м. После образования зумпфа размыв ведут от зумпфа к ножу кессона. У ножа оставляют берму шириной 0,5—1 м. Перед посадкой кессона берму размывают одновременно с диаметрально противоположных точек слоями толщиной 20—25 см. От забоя пульпа стекает в зумпф самотеком.

В табл. VII-6 даны уклоны рельефа в зависимости от разрабатываемого грунта.

При гидромеханической разработке грунта во избежание аварий и перерывов в работе необходимо строго следить за тем, чтобы не засорялось всасывающее уст-

Таблица VII-6

Уклоны рельефа в зависимости от грунта

Грунты	Объемная масса грунта, т/м³	Необходимое давление воды для размыва грунта, МПа	Расход воды для размыва и транспорти- рования к зумпфу 1 м³ грунта, м³	Минимальный уклон для транспорти- рования пульпы, %	Расход воды на размыв и выдачу пульпы при $\frac{r}{B}=1:15$	Глубина зумпфа ниже банкетки, см	Высота забоя, см
<i>Легкоразмываемые</i>							
Пески рыхлые пылева- тые	1—1,5	0,3—0,4	6	2—3	10	120	50—40
Пески рыхлые мелко- зернистые	1,4—1,5	0,3—0,4	7	3—5	13	120—140	40—30
Пески среднезернистые	1,5—1,6	0,4—0,5	8	5—7	15	140—160	30—20
Супесь легкая . . .	1,5—1,6	0,3—0,4	8	2—3	15	120	50—40
Суглинок легкий рых- лый	1,5—1,6	0,56—0,6	9	2—2,5	17	120	50—45
Лесс рыхлый	1,4—1,5	0,4—0,5	7	2—3	13	120	50—40

Трудноразмываемые								
Пески крупнозернистые	1,6—1,8	0,4—0,6	10	7—9	19	150—180	50—20	
Супесь средней плотности	1,6—1,8	0,4—0,5	10	2—3	19	120	50—40	
Супесь тяжелая	1,8—1,9	0,6—0,8	11	3—5	21	120—140	40—30	
Лесс плотный	1,6—1,7	0,6—0,7	10	2—3	19	120	50—40	
Суглинок средний	1,6—1,7	0,7—0,8	11	2—2,5	21	120	50—45	
Суглинок тяжелый (плотный)	1,6—2	0,8—0,9	13	2—2,5	23	120	50—45	
Глина легкая тощая (песчаная)	1,7—2	0,9—1,2	14	1,5—2	26	120	60—50	
Глина тяжелая (жирная)	1,6—2	1,2—1,8	16	1,5—2	30	120	60—50	

Примечание. Буквой Г обозначен объем грунта, буквой В — объем воды.

ройство гидроэлеватора; осуществлялась бесперебойная подача пульпы в зумпф; при изменении рабочего расхода воды и напора, создаваемого насосной станцией, своевременно заменялись насадки в гидроэлеваторе.

Применять гидромеханизированную разработку грунта при опускании кессонов вблизи существующих сооружений надо с особой осторожностью, так как вынос грунта из-под фундаментов этих сооружений может привести к их авариям. К работе с гидромониторами и гидроэлеваторами допускаются лица, сдавшие специальный технический минимум и имеющие удостоверение на право управления этими механизмами.

5. Производство работ по наплавным кессонам

Способы производства работ по сооружению наплавных кессонов и доставке их к месту опускания различны. Например, можно наплавные кессоны (кессонные камеры) сооружать на временных стапелях и буксировать к месту погружения наплаву. В другом случае наплавной кессон делается на берегу, затопляемом паводком. В паводок кессон всплывает и буксируется к месту его опускания. Применяется еще и третий способ, когда наплавной кессон сооружается непосредственно на берегу водоема и затем его опускают до горизонта всплытия, после этого земляную перемычку, отделяющую кессон от водоема, убирают, кессон всплывает и буксируется к месту опускания.

Опускание наплавного кессона аналогично опусканию обычного кессона.

§ 3. ОПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ В ТИКСОТРОПНЫХ РУБАШКАХ

1. Общая часть

Сущность метода погружения сооружений в тиксотропных рубашках заключается в том, что пространство между грунтом и наружной поверхностью опускаемого сооружения (колодец, кессон) заполняется глинистым раствором, т. е. создается так называемая тиксотропная рубашка.

Конструктивно стены в нижней части опускного сооружения на высоту 1,5—3 м делаются на 5—10 см толще (рис. VII-28).

Непосредственное соприкосновение стен опускного колодца с грунтом имеет место только в пределах ножевой части. Глинистый раствор нагнетается в полость через трубы-инъекторы, устанавливаемые вертикально

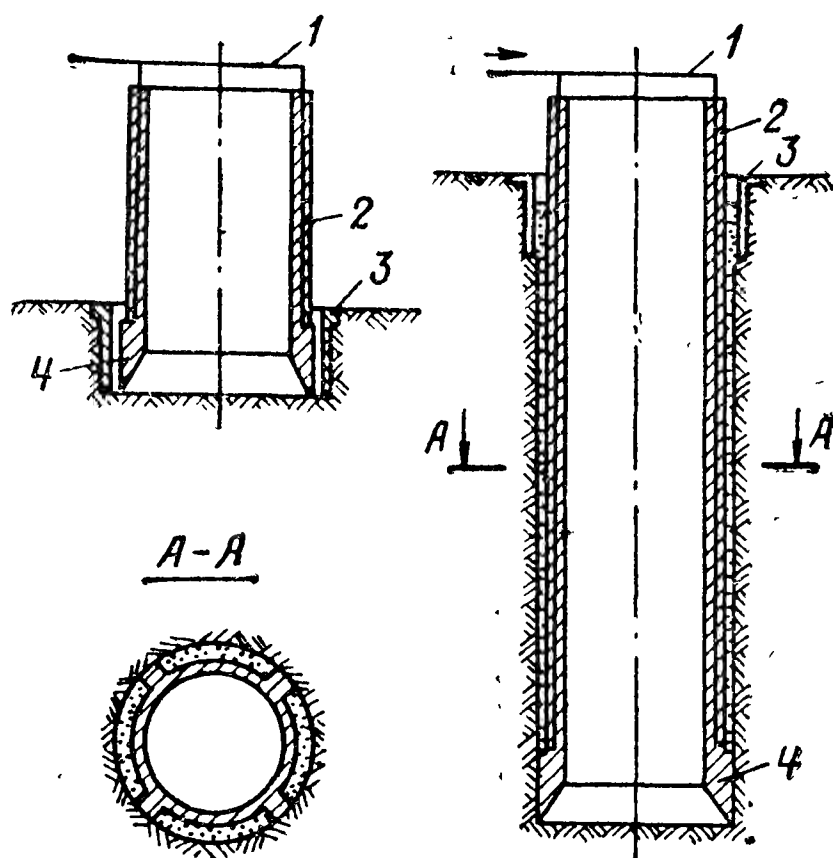


Рис. VII-28. Схема опускного колодца в тиксотропной рубашке

1 — коллектор; 2 — труба для подачи тиксотропного раствора; 3 — форшахта; 4 — наружный уступ ножевой части

на стенах колодца или с внешней стороны по его периметру на равных расстояниях друг от друга, или с внутренней стороны стен с выводом нижних концов труб наружу у обреза ножа.

Трубы-инъекторы делаются с закрытым нижним концом (пробками) для устранения возможности их загрязнения и имеют в нижней части перфорированные отверстия для вытекания раствора. Глинистый раствор готовится с помощью глиномешалок, затем сливается в запасные емкости и по мере надобности при помощи насосов или компрессоров подается через кольцевой коллектор или шланги в трубы-инъекторы, а от туда в полость тиксотропной рубашки.

Основные технико-экономические преимущества метода заключаются в том, что тиксотропная рубашка в результате значительного сокращения сил трения поверхности сооружения о грунт исключает опасность «зависания» опускного сооружения, позволяет уменьшить толщину стен примерно в 3, 4 раза, сократить

объем работ, стоимость и сроки строительства, использовать вместо монолитного железобетона сборные конструкции стен [48].

2. Конструкции и приспособления для создания тиксотропной рубашки

Форшахта. Степень устойчивости грунтовой стены полости тиксотропной рубашки зависит от величины гидростатического напора глинистого раствора. В нижней зоне тиксотропной рубашки этот напор будет наибольшим

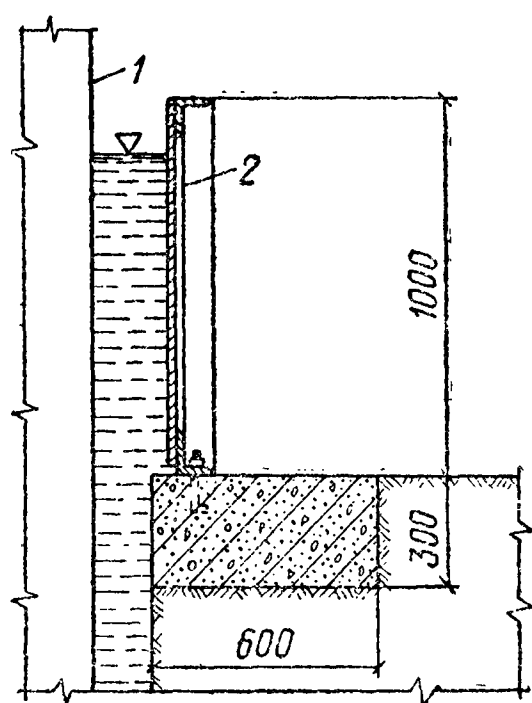


Рис. VII-29. Ограждение форшахты из металлических листов

1 — стена колодца; 2 — ограждение форшахты

и, следовательно, будет создавать наибольшую устойчивость грунтовой стены. Опасной, с точки зрения возможности обрушения грунта, является верхняя часть грунтовой стены. Для создания в верхней зоне тиксотропной рубашки гидростатического напора глинистого раствора, обеспечивающего устойчивость грунтовой стены в ее верхней части, устраивают форшахту. Для устройства форшахты устанавливают непроницаемые для глинистого раствора ограждения, располагаемые по бровке полости по всему периметру последней.

Ограждения выполняются из деревянных досчатых или сборных металлических щитов. Конструкция ограждения форшахты металлическими щитами представлена на рис. VII-29. Щиты имеют длину 2—2,5 м, высоту 1 м, толщину 3—5 мм. Они окантованы уголками 75×75 мм, имеющими отверстия под болты для соединения друг с другом и закрепления на опорном железобетонном кольце. Через центр каждого щита по вертикали приварен

уголок 75×75 мм, служащий ребром жесткости. Форшахта такой конструкции в плане образует многоугольник, близкий к окружности. Опорное кольцо форшахты устраивается из монолитного железобетона с легким армированием. Ширина кольца 50—60 см, высота 20—30 см. Для предотвращения утечек глинистого раствора через вертикальные стыки отдельных щитов и стыки в горизонтальной плоскости щитов с опорным кольцом форшахту обсыпают до верха грунтом.

Кроме форшахты устойчивость грунтовой стены может обеспечиваться устройством бровки полости тиксотропной рубашки с углом наклона к горизонту, меньшим угла естественного откоса грунта строительной площадки. Недостатком варианта срезки бровки является возможность засорения тиксотропной рубашки.

Инъекторы. Для изготовления инъекторов применяют трубы диаметром 1,5—2" (38—50 мм). Инъекторы располагают в плане через 3—6 м по наружному периметру опускного сооружения. Нижняя часть их на длину 70—80 см перфорируется отверстиями диаметром 10—15 мм, расположенными в шахматном порядке на расстоянии 5—7 см друг от друга. Отверстия делаются только на половине периметра трубы со стороны стены опускного сооружения для уменьшения возможности засорения отверстий грунтом обрушивающимся по каким-либо причинам с грунтовой стены полости тиксотропной рубашки. Конец трубы закрывается заглушкой.

Коллектор, шланги. Для одновременной подачи по периметру в полость тиксотропной рубашки глинистого раствора через все инъекторы или часть их применяется коллектор из трубы диаметром 70—100 мм. Коллектор крепится у верхнего края стены опускного сооружения, объединяя верхние концы инъекционных труб. Штуцер, с помощью которого шланг от нагнетающего раствора присоединяется к коллектору, может находиться в любом месте последнего. Внутренний диаметр шлангов не должен быть меньше внутреннего диаметра трубы коллектора. Гладкий шланг более предпочтителен, чем гофрированный. Так как при подаче глинистого раствора давление в нем может иногда достигать 0,3—0,4 МПа, то следует употреблять напорные шланги.

Глиняный замок. Незначительная высота ножевой части, а также обусловленное этим стремление опускных сооружений, устраиваемых в тиксотропных рубашках,

крениться создают возможность прорыва глинистого раствора под нож внутрь колодца. Для предотвращения опасности прорыва раствора устраивается глиняный замок. После погружения уступа ножевой части на 50—60 см ниже планировочной площадки в образовавшуюся полость вокруг опускного сооружения на уступ укладывается мягкая глина мягкопластичной консистен-

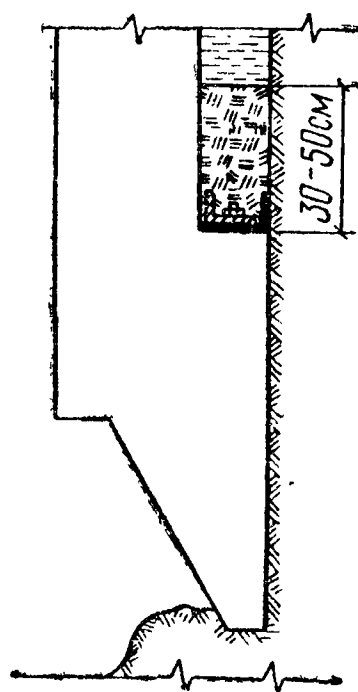


Рис. VII-30.
Глиняный замок

ции слоем высотой 30—50 см (рис. VII-30). Укладка мягкой глины производится слоями с трамбованием. При последующем заполнении полости тиксотропным раствором будет происходить увлажнение глины. В случае прорыва раствора внутрь опускного сооружения по причине, например, недоброкачественного устройства глиняного замка следует засыпать глину в полость тиксотропной рубашки над местом прорыва до прекращения проникновения глинистого раствора под нож.

3. Приготовление, хранение и нагнетание глинистого раствора

Сырьем для приготовления глинистого раствора служат комовая глина или глинопорошок. Приготовить раствор из глинопорошка достаточно просто и быстро, однако стоимость кубометра раствора из глинопорошка значительно выше, чем из комовой глины. Применение глинопорошка позволяет готовить глинистый раствор в растворомешалках. Самую высокую степень диспергации глинистого раствора при его приготовлении удается получать в быстродействующей турбинной растворомешалке, например конструкции треста Гидроспецстрой Министрства энергетики и электрификации СССР. Приго-

товление 1 м³ глинистого раствора в этой растворомешалке длится в среднем 20 мин.

Приготовление раствора из комовых глин производится в двухвальных глиномешалках. Для этой цели рекомендуется использовать глиномешалки типа ГМЗ-0,75 с рабочим объемом 0,75 м³. Могут также применяться глиномешалки типа Г2-П2-4, МГ-2-4 и т. п., но ввиду большой производительности эти глиномешалки рентабельны

Т а б л и ц а VII-7

Технические данные глиномешалок и растворомешалок

Тип оборудования	Марка	Объем барабана, м³	Производительность, м³/ч	Мощность электродвигателя, кВт	Частота вращения ротора, об/мин
Глиномешалка	ГМЗ-0,75	0,75	—	—	—
	Г-П-4	4	—	—	95
	МГ-2-4	4	—	—	95
Гидравлический смеситель	СПП-70	—	24—70	56	—
Роторная растворомешалка-диспергатор	—	0,6	4—5	10	1500
Фрезерно-струйная мельница	ФСМ-3	—	28	28	500

только при одновременном погружении в одном месте на стройплощадке 3—5 опускных сооружений средних и больших размеров.

В табл. VII-7 приведены основные характеристики глиномешалок и растворомешалок, выпускаемых отечественными заводами.

Приготовление глинистого раствора включает следующие операции:

заполнение глиномешалок (или растворомешалок) водой на $\frac{2}{3}$ ее объема;

добавление (при работающих лопастях) химического реагента с его полным растворением;

загрузка постепенно глины или глинопорошка с одновременным их перемешиванием;

долив воды до полного рабочего объема;

перемешивание в течение требуемого времени;

выпуск готового раствора в запасную емкость.

Емкости для запаса глинистого раствора и химических реагентов. Для экстренного заполнения глинистым раствором полости тиксотропной рубашки в случае прорыва

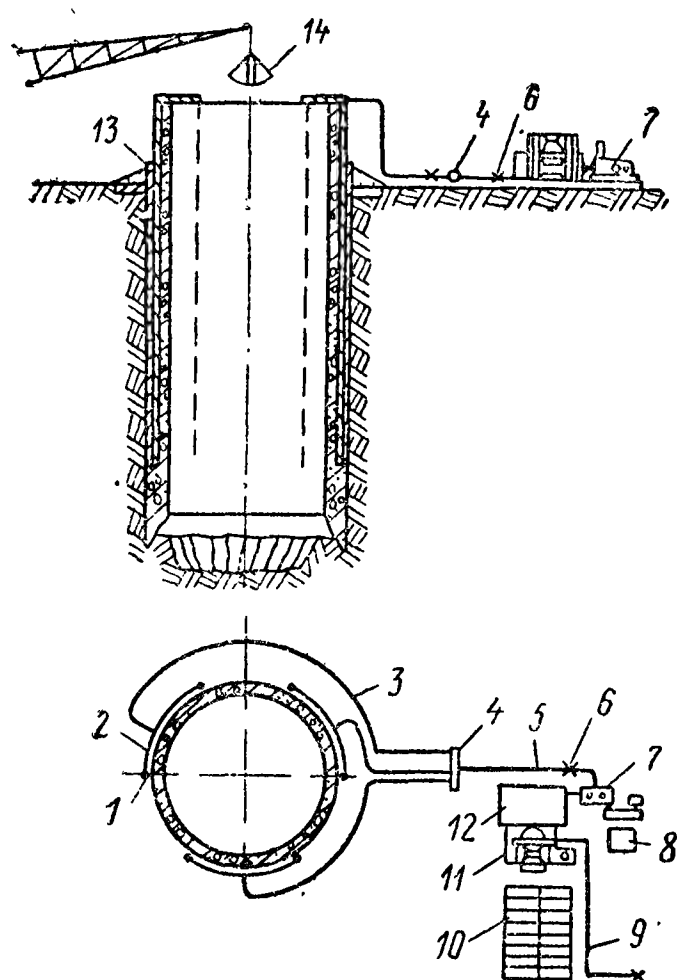


Рис. VII-31. Система приготовления и подачи тиксотропного раствора

1 — иньектор, 2 — соединительные трубы; 3 — резиновые шланги; 4 — распределитель; 5 — магистральная труба; 6 — вентиль; 7 — растворонасос; 8 — емкость для реагента; 9 — водопровод; 10 — навес для хранения глины; 11 — растворосмеситель; 12 — емкость для глинистого раствора; 13 — форшахта; 14 — грейфер

раствора под нож, а также для поддержания уровня раствора на проектной отметке в период аварийной остановки глиномешалок должен быть предусмотрен на стройплощадке запас глинистого раствора в одной или двух-трех емкостях общим объемом 10—30 м³ в зависимости от размеров опускного сооружения. Запасные емкости изготавливаются из металла либо лесоматериала. Сверху запасная емкость должна быть закрыта, чтобы в нее не попадала дождевая вода и ее не нагревало солнце.

Химические реагенты хранятся в металлических емкостях с плотно подогнанными крышками (обычно такими являются металлические балки). Тару с химическими реагентами следует хранить под навесом.

Для закачки глинистого раствора из запасной емкости по магистральному шлангу непосредственно в полость

Таблица VII-8
Характеристика растворонасосов, применяемых при погружении опускных сооружений в тиксотропных рубашках

Марка раство- ронасосов	Произво- дительность, м³/ч	Мощность насоса, кВт	Давление, МПа	Частота вращения рабочего ко- леса, об/мин	Диаметр нагнетатель- ной линии, мм	Диаметр всасывающей линии, мм	Число ходов поршня в 1 мин	Вес Н
C-251	1	1,7	1	960	38	63	86	2180
C-683	2	1,7	1	1420	38	63	165	1950
C-263	3	2,8	1,5	1440	50	63	165	1980
C-684	4	4,5	1,5	1440	65	63	165	2540
C-317A	6	7	1,5	1440	50	65	192	3900
C-666	120	—	—	2890	50	100	—	2900
C-665	120	—	—	3000	50	100	—	2600
C-374	До 24	—	—	1410	25	51	—	960

тиксотропной рубашки или через систему инъекционных труб с коллектором широкое распространение на строительстве получили растворонасосы типа С-317 или С-263. В табл. VII-8 приведены характеристики растворонасосов, применяемых в СССР.

Система приготовления и подачи глинистого раствора растворонасосами представлена на рис. VII-31.

4. Глины и глинистые растворы

Материалы для приготовления глинистых тиксотропных растворов (глина, вода, химические реагенты) должны быть предварительно подвергнуты лабораторным исследованиям.

Глина. Глинистый раствор для тиксотропных рубашек может готовиться из обычных местных комовых глин и из специальных глинопорошков заводского изготовления, предназначенных для бурения скважин, стволов шахт, устройства буровых опор и т. п., а также из бентонитовых глин (высококоллоидальных) в виде глины-сырца или глинопорошка.

Обычные жирные комовые глины в их естественном состоянии в большинстве случаев пригодны для приготовления растворов тиксотропных рубашек, поскольку из них можно получить глинистые растворы с надлежащими показателями качества. Глина должна быть подвергнута в лаборатории исследованиям для определения минералогического и гранулометрического составов, пределов пластичности, плотности, объемной массы, естественной влажности, степени набухания.

Ниже приведены значения показателей, по которым устанавливается пригодность глины для приготовления из нее раствора.

Плотность	2,7—2,75 г/см ³
Число пластичности	не менее 20
Гранулометрический состав:	
песчаных частиц фракции 1—0,5 мм	» более 10%
глинистых частиц фракции менее 0,005 мм	» менее 30—40%
то же, менее 0,001 мм	» » 10%
Набухание	» » 15—20%
Влажность грунта на пределе раскатывания	» » 25%

При наличии в глине небольшого количества песчаных частиц размером более 2 мм их необходимо удалять во время приготовления глинистого раствора при помощи вибросита или слива приготовленного раствора в приемную емкость через желоб, имеющий в конце сетку.

Для приготовления качественных глинистых растворов из жирных небentonитовых или bentонитовых глин следует применять натриевые (Na) глины ввиду их большой растворимости (пептизации) в воде и возможности получения из них весьма стабильных растворов с хорошими фильтрационными (малой водоотдачей и тонкой глинистой коркой) и тиксотропными свойствами.

Пробы глин для лабораторных исследований из местных карьеров в целях правильного установления их однородности и качества следует отбирать в каждом карьере не менее чем из 3 мест. Вес проб должен быть 30—50 Н. Комовую глину рекомендуется заготавливать летом и хранить в воздушно-сухом состоянии под навесом, уберегая ее от размокания.

Глинопорошок заводского изготовления в специальных бумажных или джутовых мешках должен храниться в сухом состоянии и не подвергаться замачиванию во избежание его слеживания и превращения в комкообразное состояние.

Расчет потребного количества глины для получения 1 м³ глинистого раствора заданной плотности производится по формулам, приведенным в литературе [47, 48].

Вода. Для приготовления глинистых растворов применяют чистую пресную воду, соответствующую требованиям ТУ на воду для затворения бетона. Она не должна быть загрязнена солями, органическими или другими примесями. Для приготовления глинистого раствора может употребляться вода из водопровода, естественных водоемов, рек и озер, а также морская опресненная. Использование горько-соленой морской воды для приготовления глинистого раствора не допускается ввиду того, что это может привести к коагуляции (свертыванию), потере стабильности, тиксотропных свойств и других показателей качества глинистого раствора.

Химические реактивы. Если из местных комовых глин или заводских глинопорошков нельзя получить раствор с необходимыми показателями качества, рекомендуется произвести его улучшение химическими реагентами, ру-

ководствуясь инструкциями и нормативами на приготовление глинистых растворов для бурения.

Для улучшения показателей качества глинистых растворов (водоотдачи, толщины глинистой корки, тиксотропных свойств, статического напряжения сдвига, стабильности) следует производить химическую обработку их кальцинированной содой (Na_2CO_3) как наиболее безвредным и дешевым реагентом. Улучшение показателей качества глинистых растворов при помощи кальцинированной соды может быть достигнуто обработкой их 20%-ным водным раствором Na_2CO_3 в количестве 0,2—0,5% объема обрабатываемого глинистого раствора, что соответствует добавлению в него 0,4—1% по весу сухой соды.

Параметры глинистых растворов могут быть улучшены также химической обработкой и другими реагентами: углещелочным реагентом (УЩР); карбоксиметилцеллюлозой (КМЦ), едким натром, пирофосфатом натрия ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) или их различными комбинациями, например, введением 50% Na_2CO_3 и 50% NaOH или 50% $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ и 50% NaOH в количестве 0,5—1% по отношению к общему объему глинистого раствора.

Смеси $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{NaOH}$ рекомендуется применять при проходке песков, плавунув, а также при наличии прослоек трещиноватых известняков. Смеси $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}$ следует использовать при проходке глин и глинистых песков.

При проходке гравийно-галечных грунтов для предотвращения больших потерь глинистого раствора рекомендуется увеличивать его вязкость обработкой раствора жидким стеклом или известью по рецепту, подобранному в лаборатории.

Способ обработки растворов химическими реагентами для грунтовых условий каждого конкретного строительного объекта должен устанавливаться лабораторией по действующим нормативам и инструкциям. В случае необходимости применения глинистого раствора большой плотности его можно получить добавлением в раствор специального утяжелителя — молотого барита или окиси железа. В этих случаях плотность глинистого раствора может быть при необходимости доведена до 1,3—1,5 г/см³.

Глинистый раствор. Установление необходимых показателей качества глинистого раствора должно производиться в зависимости от геологических и гидрогеологи-

ческих условий на данном строительном объекте. При определении оптимальных показателей качества глинистых растворов для тиксотропных рубашек рекомендуется руководствоваться данными, приведенными в литературе [47, 48].

Ниже приведена аппаратура, с помощью которой проверяют параметры глинистого раствора.

Ареометром АГ-1 или АГ-2	плотность, г/см ³
Прибором ВМ-6	водоотдача, см ³ за 30 мин
Прибором Линевского или ВМ-6	толщина глинистой корки <i>K</i> , мм
Прибором СНС-2	статическое напряжение сдвига θ за 1 мин или 10 мин, мг/см ²
Отстойником Лысенко	содержание песка <i>П</i> , %
То же	содержание отмытого песка <i>ОП</i> , %
Цилиндрами ЦС-1 или ЦС-2 и ареометром	стабильность <i>С</i> , г/см ³
Мерным цилиндром	суточный отстой <i>О</i> , %
Сурьмяным электродом	концентрация водородных ионов рН
Конусом АзНИИ или цилиндром НИИОСП	расплав <i>Р</i> , см

Нагнетание и регулирование подачи глинистого раствора в полость тиксотропной рубашки. Устойчивость верхней части грунтовой стенки полости тиксотропной рубашки обеспечивается превышением уровня глинистого раствора приблизительно на 1 м над дневной поверхностью строительной площадки. Несоблюдение этого правила приводит к обрушению грунта в полость тиксотропной рубашки и к торможению погружения опускного колодца.

Объем глинистого раствора, потребный для заполнения полости тиксотропной рубашки и подающей системы (шланги, инжекторы, коллектор), должен приниматься с коэффициентом запаса 1,2. Реальный расход глинистого раствора всегда превышает теоретический, поскольку полость тиксотропной рубашки расширяется из-за кренов опускного сооружения, раствор инфильтрирует в грунт и могут быть прорывы его под нож. В целях экономии проникший внутрь опускного колодца глинистый раствор,

незначительно перемешанный с грунтом, допускается залить снова в полость тиксотропной рубашки.

Определяется потребное количество глинистого раствора (для круглого опускного сооружения) по формуле

$$V_p = 1,2 \pi (D + a) a H,$$

где V_p — объем раствора при достижении опускным сооружением проектной отметки;

D — наружный диаметр стен выше ножевой части;

a — ширина наружного уступа ножевой части;

H — глубина полости тиксотропной рубашки;

1,2 — коэффициент запаса.

5. Контроль качества работ

Поскольку опускные колодцы или кессоны, погружаемые в тиксотропных рубашках, чаще подвержены кренам, следует, как минимум, в начале и в конце каждой смены производить геодезический контроль вертикальности данного колодца. Навалы опускного колодца на грунтовую стену тиксотропной рубашки могут повлечь за собой смятие инъекционных труб и поломку форшахты.

Геодезический контроль степени вертикальности опускных сооружений обычно выполняется следующим, хорошо зарекомендовавшим себя простым способом. Подготовленное к погружению опускное сооружение разбивается в плане двумя взаимно перпендикулярными диаметрами на четыре сектора. На наружной поверхности стены по вертикальным линиям, проходящим через концы вышеуказанных диаметров, наносят риски с интервалом, например, в 1 м, разбивая таким образом все сооружение по высоте на несколько ярусов. Риски каждого яруса должны находиться на равных расстояниях от верха или низа колодца. Величина и направление крена, а также общее перемещение вниз определяются нивелиром привязкой отметок рисков одного из ярусов к реперу. Для того чтобы экскаваторщик, ведущий разработку грунта, мог в любой момент приблизительно определить крен, с внутренней стороны стен закрепляют два отвеса с длиной нити почти на всю глубину колодца. Отвесы располагают в диаметрально противоположных точках.

Во время погружения опускного колодца должен осуществляться контроль качества приготавливаемого и нагнетаемого в тиксотропную рубашку глинистого раствора. Контроль показателей качества глинистого раствора

на строительной площадке рекомендуется выполнять в соответствии с инструкцией при помощи комплекта приборов полевой переносной лаборатории типа ЛГР-3 Бакинского приборостроительного завода.

Все данные и сведения о показателях качества глинистого раствора во время производства работ должны заноситься в специальный журнал [47, 48]. При погружении колодца в тиксотропной рубашке надлежит вести также общий журнал работ по опусканию колодца по форме, приведенной в приложении к СНиП III-Б. 7-62. Приемка работ осуществляется по указаниям, изложенным в пп. 4.1—4.9 СНиП III-Б. 7-62.

При производстве тампонажа кольцевой щели можно руководствоваться указаниями разд. V—VII «Временной инструкции по применению цементно-глинистых растворов для нагнетания за обделку подземных сооружений».

Глава VIII. ХИМИЧЕСКОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ

§ 1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ

1. Общие положения

Закрепление грунтов — это искусственное преобразование строительных свойств грунтов, используемых в строительстве, различными физико-химическими способами в условиях их естественного залегания.

Искусственное преобразование грунтов предполагает увеличение их прочности, устойчивости, уменьшение водопроницаемости, сжимаемости, а также ослабление чувствительности природной прочности грунтов к изменению внешней среды, особенно влажности.

Рациональное применение физико-химических способов закрепления грунтов на современном уровне их развития решает следующие вопросы строительной практики:

- усиление фундаментов под существующими сооружениями;

- строительство промышленных и гражданских сооружений на просадочных грунтах;

- вскрытие насухо котлованов в водонасыщенных грунтах;

- проходка подземных выработок;

- создание противофильтрационных завес в аллювиальных грунтах в связи со строительством на них высотных земляных и каменнонабросных плотин;

- защита бетонных сооружений (фундаментов) от вредного влияния агрессивных грунтовых вод нагнетанием (инъекции) в грунты затвердевающих химических реагентов, а также введением специальных противокоррозионных добавок в грунты обратной засыпки;

- увеличение несущей способности свай и опор большего диаметра последующим закреплением грунта ниже их конца [19, 45].

В зависимости от требований, предъявляемых к закрепленному грунту, можно выделить две категории способов:

быстро и прочно закрепляющие грунты. К ним относятся двухрастворная силикатизация, однорастворная силикатизация с применением кремнефтористоводородной кислоты, однорастворная силикатизация лессов, смолизация и инъекция цементно-глинистых растворов;

придающие грунтам водонепроницаемость и малую прочность. К ним относятся случаи использования глино-силикатных, глиноалюмосиликатных и силикатных тампонажных растворов [30].

Закрепление осуществляется нагнетанием в грунт под давлением через скважины-инъекторы маловязких химических растворов, а также воздействием на грунт электрического тока, нагреванием и охлаждением. Химические растворы с течением времени затвердевают, превращая водонепроницаемый грунт в камень.

Основным критерием, необходимым при выборе способа закрепления грунтов, является их проницаемость, характеризующаяся коэффициентом фильтрации. Чем меньше коэффициент фильтрации грунта, т. е. чем меньше его проницаемость, тем труднее осуществлять инъекцию химических растворов. Поэтому инъекции легко поддаются трещиноватые, кавернозные несвязные грунты с достаточно высоким коэффициентом фильтрации и практически исключаются глины и илы, проницаемость которых ничтожно мала.

Для того чтобы инъекция стала возможной, необходимо соблюдать строгое соотношение между размерами частиц раствора и инъектируемой среды. Это соотношение соответствует полному пропитыванию среды и основывается не только на проницаемости первой, но и на вязкости применяемых химических растворов: чем меньше вязкость, тем выше их проникание. При глубинном закреплении не нарушается естественное сложение грунтов. Для глубинного воздействия на грунты используются указанные выше способы.

Химическое закрепление долговечно и имеет ряд преимуществ по сравнению с другими способами (замораживанием, кессонным и др.). Основные преимущества:

простота производства работ;

портативность применяемого оборудования;
 короткие сроки выполнения работ;
 возможность закрепления грунта на любой глубине без проведения каких-либо специальных выработок и земляных работ;
 вероятность проведения подземных работ без прекращения эксплуатации здания или сооружения.

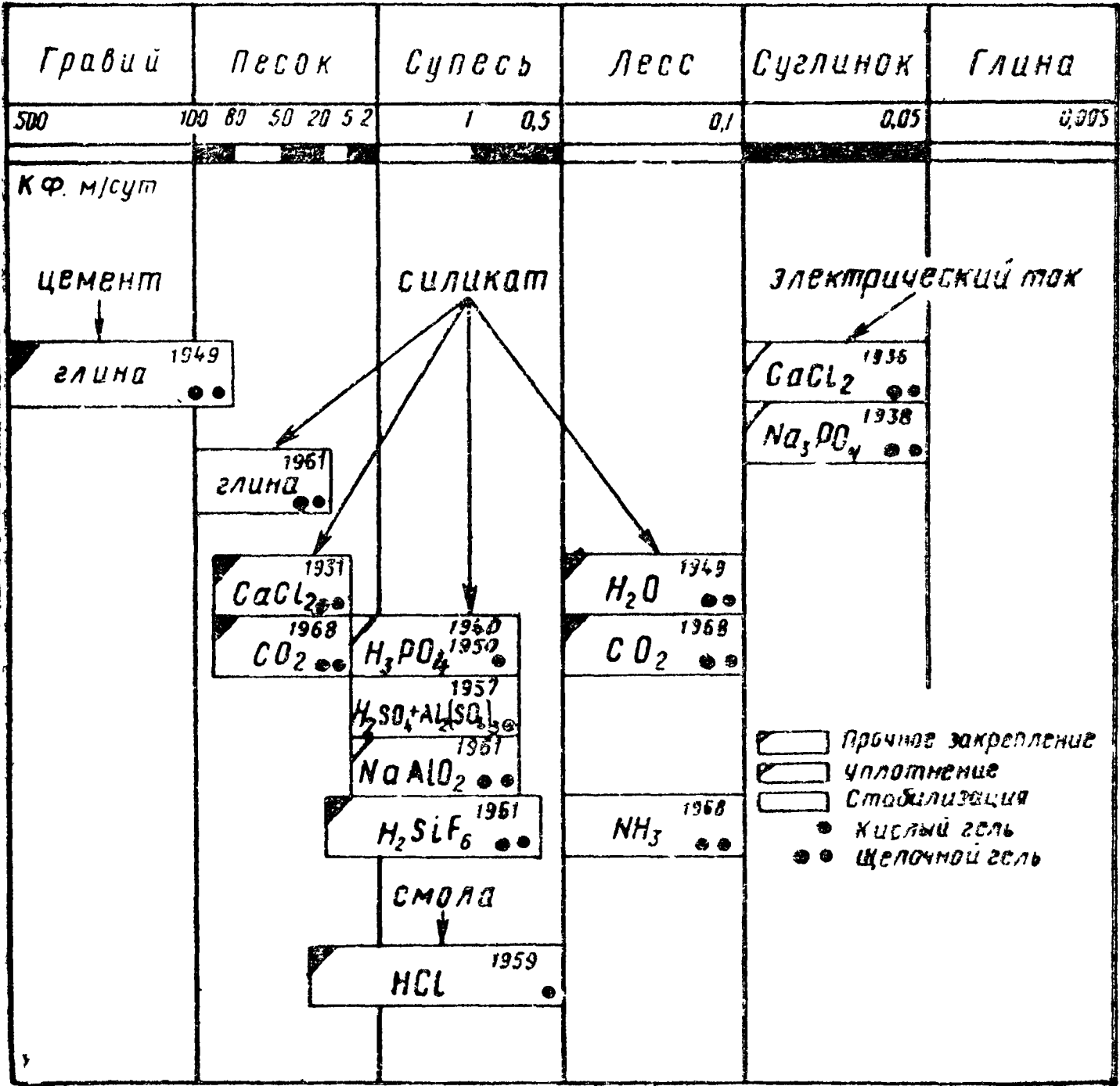


Рис. VIII-1. Классификация физико-химических способов закрепления грунтов проф. Б. А. Ржаницына

Выше приведена классификация способов закрепления грунтов, предложенная д-ром техн. наук, проф. Б. А. Ржаницыным, проиллюстрированная рис. VIII-1. В этой классификации указаны химические реагенты, используемые в различных рецептурах, границы применения этих рецептур, характер геля и закрепления.

По горизонтали в таблице приведены наименования грунтов и величина их коэффициента фильтрации. При этом наиболее крупнозернистые, более проницаемые грунты расположены в левой части таблицы с постепенным уменьшением их водопроницаемости по направлению к глинам, помещенным в правой части таблицы. Исходные материалы для закрепления грунтов представлены цементом, силикатом и смолами. Введение химических растворов в глинистые грунты осуществляется под действием постоянного электрического тока.

Для хорошо проницаемых грунтов разработана рецептура цементно-глинистых растворов. Поскольку современный помол цемента не позволяет цементным частицам проникать в поры песков, то закрепляются эти грунты раствором, состоящим из силиката и глины. При этом в зависимости от качества используемой глины границы применимости характеризуются грунтами с коэффициентом фильтрации 50—100 м/сут для местных глин в 20—50 м/сут для бентонитовых глин.

Для прочного закрепления песчаных грунтов разработан способ, основанный на поочередном нагнетании двух растворов: силиката натрия и хлористого кальция. В результате химической реакции между этими двумя растворами в порах песчаного грунта выделяется гель кремневой кислоты, грунт быстро закрепляется, становится водонепроницаемым с прочностью закрепления 1,5—5 МПа, а само закрепление долговечно.

Для мелкозернистых песчаных грунтов, имеющих коэффициент фильтрации 0,5—5 м/сут, разработан способ однорастворной силикатизации с помощью фосфорной кислоты, серной кислоты и сернокислого алюминия, алюмината натрия, кремнефтористоводородной кислоты. При этом способ однорастворной силикатизации с помощью кремнефтористоводородной кислоты более эффективен и дает значительную прочность закрепления порядка 2—4 МПа.

Закрепление мелкозернистых песчаных грунтов карбамидной смолой (КМ с отвердителем в виде 3%-ной или 5%-ной HCl) обеспечивает этим грунтам достаточно высокую прочность закрепления порядка 5 МПа. Способ смолизации, основанный на использовании карбамидной смолы и соляной кислоты в качестве отвердителя, успешно применяется в строительстве и в связи с развитием химии и удешевлением исходных для закреп-

ления химических продуктов находит все более широкую сферу применения.

Способ смолизации карбонатных песков заключается в использовании для предварительной обработки этих грунтов, а также для гелеобразования растворов, кислот, образующих на поверхности карбонатов защитные пленки, препятствующие нейтрализации отвердителей из карбамидных золь. В качестве таковых используются растворы щавелевой и кремнефтористоводородной кислот.

Просадочные лессовые грунты закрепляются с помощью однорастворной силикатизации, в рецептуру которой входит раствор силиката натрия с плотностью $1,13 \text{ г/см}^3$. Прочность закрепления $1,6\text{—}2 \text{ МПа}$.

Закрепление глинистых грунтов основано на явлении электроосмоса. При вводе в грунт химических растворов глинистому грунту сообщается водоустойчивость и ликвидируется пучинность. Этот способ применяется для придания устойчивости откосам железнодорожных выемок в глинистых грунтах.

Прочно вошли в практику гидротехнического строительства тампонажные глинистосиликатные, силикатные и алюмосиликатные растворы.

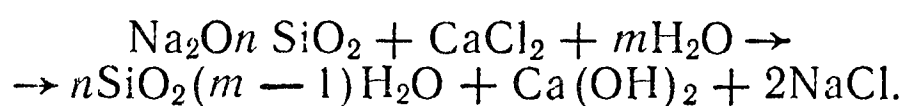
В приводимую классификацию вошли два новых способа — аммонизация и газовая силикатизация, разработанные в 1968 г. Аммонизация предназначена для закрепления просадочных лессовых грунтов в целях придания им свойств непросадочности при обильном замачивании их в основании зданий. В основу метода положено свойство газообразного аммиака, вводимого в грунт под небольшим давлением через инъекторы, взаимодействовать с его поглощающим комплексом, в результате чего образуется высокодисперсный $\text{Ca}(\text{OH})_2$, который в свою очередь, реагируя с кремнеземом и коллоидной кремневой кислотой грунта, образует известковистокремнеземистое вяжущее, стабилизирующее грунт [23, 43].

Газовая силикатизация применима для песчаных и лессовых грунтов. Она осуществляется по двум схемам: без предварительной обработки грунта углекислым газом — грунт + раствор силиката натрия + CO_2 и с предварительной обработкой — CO_2 + грунт + раствор силиката натрия + CO_2 . В результате взаимодействия углекислого газа с раствором силиката натрия последний

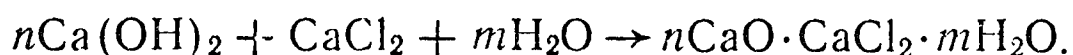
отверждается (выпадает гель SiO_2), что и сообщает грунту прочность и водоустойчивость. Предварительная активизация грунтов углекислым газом повышает прочность закрепления на 25—30% в инертных песках и на 50% в карбонатных песках и лессах [23, 43, 45].

2. Двухрастворная силикатизация

Вопросы внедрения метода в практику и его исторические аспекты [31, 32] изложены в работах Йостена, Стаматиу, Ржаницына. Двухрастворная силикатизация применяется для закрепления песков при коэффициенте фильтрации 2—80 м/сут и сводится к поочередному нагнетанию в грунт растворов силиката натрия и хлористого кальция. В результате химической реакции, происходящей между этими растворами, в порах грунта выделяется гидрогель кремневой кислоты (SiO_2) и грунт быстро и прочно закрепляется [31]. Химическая реакция взаимодействия между растворами протекает следующим образом:



Помимо геля кремневой кислоты, как видно из реакции, в порах грунта образуется и гидроокись кальция, которая также участвует в его упрочнении, связывая своей аморфной массой мелкие частицы грунта. В дальнейшем, как показали исследования, реакция между гидратом окиси кальция и избытком хлористого кальция приводит к образованию оксихлоридов кальция, что является также положительным фактором в процессе закрепления грунта:



В результате всех этих процессов песчаный грунт приобретает прочность порядка 1,5—5 МПа, водонепроницаемость и устойчивость в агрессивных средах. Эти свойства обеспечили способу применение в различных областях строительства для:

увеличения несущей способности грунта под фундаментами зданий и сооружений;

защиты котлованов от притока грунтовых вод;

закрепления грунтов при проходке шахт, штолен и других подземных выработок;

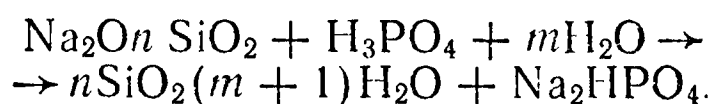
создания водонепроницаемых завес и стенок гидротехнических сооружений;

борьбы с фильтрацией воды в бетонных сооружениях.

3. Однорастворная силикатизация

Возводить фундаменты и подземные сооружения часто приходится в сложных гидрогеологических условиях. Особую опасность представляют мелкие пески и плывуны, обладающие подвижностью. Коэффициент фильтрации их незначителен и колеблется в пределах 0,5—1 м/сут. Для закрепления мелких песков и плывунов разработан способ однорастворной силикатизации [19, 20]. Он основан на введении в грунт гелеобразующего раствора, состоящего из двух или трех компонентов, с вязкостью, близкой к вязкости воды (2—5 спз) и с замедленным (заранее заданным) временем гелеобразования. Однорастворная силикатизация сообщает грунту водонепроницаемость, достаточно высокую механическую прочность и применяется для защиты котлованов от притока грунтовых вод; закрепления грунтов при проходке подземных выработок; создания водонепроницаемых завес в гидротехнических сооружениях; увеличения несущей способности грунтов под фундаментами зданий и сооружений (рецептура: силикат натрия + кремнефтористоводородная кислота).

Силикатно-фосфорнокислая рецептура. В качестве отвердителя в данной рецептуре используется ортофосфорная кислота — H_3PO_4 . Выделение геля из гелеобразующего раствора происходит по реакции

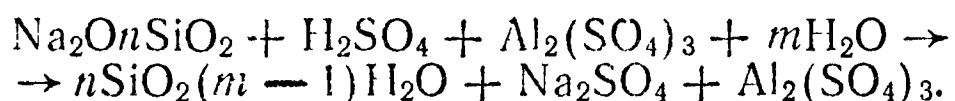


Широкого применения в строительной практике из-за дефицитности фосфорной кислоты рецептура не получила.

Силикатно-алюмосернокислая рецептура. Отвердителем в этой рецептуре является жидкое стекло кислого золя, состоящее из двух компонентов — серной кислоты и сернокислого алюминия. Использование серной кислоты в качестве коагулянта рентабельно. Однако она слишком быстро коагулирует жидкое стекло, вследствие чего затрудняется регулирование времени гелеобразо-

вания. Для замедления процесса коагуляции в раствор серной кислоты добавляют реагенты, выполняющие роль буфера в процессе гелеобразования. Таким реагентом и является сернокислый алюминий.

Общий ход реакции между компонентами смеси можно представить следующим уравнением:



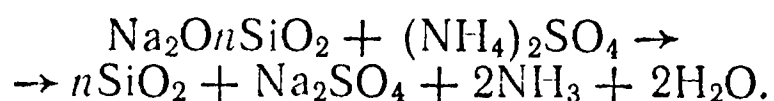
По тампонажным качествам силикатно-алюмосернокислый раствор не уступает силикатно-фосфорнокислому, но в состав его входят дешевые и недефицитные реагенты: серная кислота и сернокислый алюминий, что в 3—4 раза уменьшает стоимость материалов.

Силикатно-фтористосернокислая рецептура. В качестве отвердителя в указанной рецептуре используется серная кислота (в составе кислого золя). Буферные свойства кислоте придает фтористый натрий. Кислый золь готовится на 5%-ном растворе серной кислоты, в которую добавляется 0,5% фтористого натрия. Отдельно готовится раствор жидкого стекла плотностью 1,05 г/см³. Эти два раствора сливаются в соотношении 1:1. Приготовленный кислый золь вводится в раствор силиката натрия плотности 1,19 г/см³ в соотношении 4,3—3,4 части кислого золя (в зависимости от времени гелеобразования) на 2 части раствора силиката натрия.

Аммонийно-силикатная рецептура. В качестве коагулянтов в рецептуре используются сернокислый аммоний $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и углекислый аммоний $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

На месте работ из кристаллических аммонийных солей готовятся растворы нужной концентрации, которые затем смешиваются с разбавленным жидким стеклом в соотношении, соответствующем заданному времени гелеобразования, после чего приготовленный силиказоль нагнетается в грунт.

Реакция между компонентами силиказоля протекает по схеме



Аммонийно-силикатные золи и гели обладают необходимыми для тампонажа качествами: легко регулируемым временем гелеобразования и малой вязкостью 2,2 спз, а грунт, закрепленный ими, приобретает водоне-

проницаемость и прочность порядка 0,25 МПа. Реакция раствора щелочная ($\text{pH}=10,8$), что позволяет применять его для закрепления карбонатных грунтов.

Ниже приведена рецептура растворов со временем гелеобразования 30—90 мин.

Для сернокислого аммония

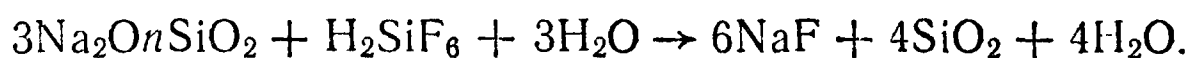
раствор силиката натрия плотностью 1,19 г/см ³	1 часть
6%-ный раствор $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ плотностью 1,035 г/см ³	0,85—0,75 части

Для углекислого аммония:

раствор силиката натрия плотностью 1,19 г/см ³	1 часть
4,8%-ный раствор $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ плотностью 1,016 г/см ³	0,8—0,75 части

Силикатно-кремнефтористоводородная рецептура. Жидкое стекло недефицитной кремнефтористоводородной кислоты H_2SiF_6 применено в качестве отвердителя данной рецептуры.

Кремнефтористоводородная кислота имеет комплексное строение, которое обеспечивает медленное ее разложение в щелочной среде. Высокая потенциальная кислотность, возникающая при разложении кислоты, позволяет применять ее как эффективную коагулирующую добавку к раствору силиката натрия, а наличие в составе кислоты SiO_2 обеспечивает большой выход геля кремнекислоты. Реакция взаимодействия ее с жидким стеклом протекает по уравнению



Предложенная рецептура экономична, так как в ней используются очень разбавленные растворы, например, жидкое стекло плотностью 1,04 г/см³ и кислота плотностью 1,037 г/см³ в соотношении 9:1. Время гелеобразования раствора колеблется в пределах от 15 мин до 3 ч и легко регулируется; вязкость его — 1,2—1,5 спз.

Ввиду малых концентраций применяемых растворов этот способ пригоден для закрепления маловлажных песков. Дальнейшие исследования привели к разработке второго варианта силикатно-кремнефтористоводородной рецептуры раствора, очень эффективной, позволяющей закреплять сильновлажные и водонасыщенные пески.

В основу рецептуры положено использование растворов — компонентов гелеобразующей смеси повышенной концентрации: жидкого стекла плотностью $1,3 \text{ г/см}^3$ и H_2SiF_6 плотностью $1,1 \text{ г/см}^3$ в соотношении от 10 : 3 до 10 : 2,5.

Рецептура дает высокопрочные гели с $R_{сж}=24 \text{ МПа}$ через 24 дня и после приготовления и $R_{сж}=5,2 \text{ МПа}$ через 28 дней. Благодаря этому в отличие от всех рецептов однорастворной силикатизации данная рецептура позволяет получить в результате закрепления не только водонепроницаемый, но и прочный массив грунта с $R_{сж}=2—4 \text{ МПа}$.

Сочетание водонепроницаемости и значительной механической прочности закрепленного грунта расширяет область применения данной рецептуры в строительной практике, так как она может быть рекомендована для создания водонепроницаемых завес и экранов и для закрепления грунта с целью усиления основания фундамента зданий и сооружений. Высокие качества закрепленного грунта делают пригодной эту рецептуру и для проходки подземных выработок в мелких песках.

Вязкость гелеобразующего раствора незначительна и составляет 3—5 спз. Время гелеобразования в отличие от более разбавленного силикатно-кремнефтористоводородного раствора занимает всего 18—20 мин, что потребовало разработки специальной технологии нагнетания, предусматривающей использование специального растворонасоса, в котором совмещено приготовление небольшого объема золь с одновременным его нагнетанием в закрепляемый грунт.

Рецептура на основе силиката натрия и кремнефтористоводородной кислоты повышенной концентрации закрепляет трехфазные слабопроницаемые и водонасыщенные грунты, содержащие карбонаты, глинистые фракции и гумусовые вещества, что делает рецептуру универсальной.

Алюмосиликатная рецептура. Эта рецептура основана на применении в качестве отвердителя кристаллической соли алюмината натрия.

Алюминат натрия — NaAlO_2 — соль сильного основания и слабой металюминиевой кислоты (каустический модуль алюмината натрия, равный отношению $\frac{\text{Na}_2\text{O}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 1,65$, должен быть не менее 1,5). В воде она гидроли-

зуется на NaOH и HAlO_2 . Образование геля происходит в результате взаимодействия HAlO_2 с силикатом натрия.

Алюмосиликатный гелеобразующий раствор представляет собой смесь двух растворов — силиката натрия (плотность $1,15 \text{ г/см}^3$) и алюмината натрия (плотность $1,05 \text{ г/см}^3$) в соотношении 5:1. Он имеет щелочную реакцию ($\text{pH}=13,7$), малую вязкость (2,3 спз) и легко регулируемое время гелеобразования. При закреплении им грунт приобретает практическую водонепроницаемость и небольшую прочность порядка 0,15—0,2 МПа.

Рекомендуется для тампонажа аллювиальных мелкозернистых песков ($K_{\text{ф}}=5\text{—}10 \text{ м/сут}$), супесей ($K_{\text{ф}}=0,2\text{—}0,5 \text{ м/сут}$) и мелкозернистых дюнных песков ($K_{\text{ф}}=5\text{—}10 \text{ м/сут}$).

4. Глинисто-силикатные растворы

При больших объемах тампонажных работ, как это было, например, при создании противофильтрационных завес высотных плотин, применение способа двухрастворной силикатизации экономически нецелесообразно, поэтому он заменяется тампонажными растворами, обладающими следующими свойствами:

высокой дисперсностью и малой вязкостью, что обеспечивает проницаемость их в песчаные грунты;

замедленным временем гелеобразования, дающим возможность нагнетать заданный объем раствора;

стабильностью (отсутствием явления расслаивания).

Грунт, закрепленный раствором, должен обладать небольшой прочностью, но достаточной для оказания сопротивления разрушающему действию фильтрующих вод, а фильтрационные свойства его должны быть уменьшены до значений, задаваемых условиями эксплуатации сооружения (обычно менее 1 м/сут).

Тампонажные глинисто-силикатные растворы — это водные растворы высокодисперсных глин с малой добавкой силиката натрия. Добавка силиката натрия вызывает образование эластичного геля в порах грунта, что и придает закрепляемому грунту практическую водонепроницаемость. В отличие от обычных глинистых растворов образовавшийся и затвердевший в порах грунта глинисто-силикатный раствор прочно связывает свободную воду. Эта вода не подвержена синерезису и

не способна к перемещению при наложении на затвердевший глинисто-силикатный раствор высоких градиентов. В глинисто-силикатных гелях высокодисперсный раствор как бы армируется полимерной сеткой кремневой кислоты с образованием прочных контактов в местах касания поверхности глинистых частиц с поверхностью разветвленного полимера кремневой кислоты.

Глинисто-силикатные растворы готовятся на основе высокодисперсных бентонитовых глин (бентонитосиликатные растворы) и некоторых местных глин.

В растворы бентонитовых глин вводится раствор силиката натрия (плотностью 1,38 г/см³) в количестве 0,5% массы глины, в растворы из местных глин — 7%. В растворы на местных глинах кроме силиката натрия для диспергации глинистых частиц вводятся диспергаторы, например гексаметафосфат натрия (ГМФ) (NaPO₃)₆ в количестве 0,5% массы глины. Плотность исходных глинистых растворов составляет: на бентонитовых глинах — 1,09—1,1 г/см³, на местных — 1,37—1,4 г/см³.

В качестве примера в табл. VIII-1 приводятся состав и свойства тампонажных глинисто-силикатных растворов, примененных в Асуане.

Таблица VIII-1

Свойства тампонажных глинисто-силикатных растворов, использованных для закрепления песков в основании Асуанской плотины

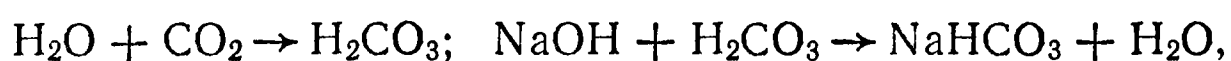
Параметры тампонажного раствора	Тампонажные растворы		
	обычные		активизированные на местной глине «13км»
	на местной глине «13км»	на бентонитовой глине	
Содержание раствора силиката натрия ($\gamma = 1,38$ г/см ³), % . . .	7	0,5	2
Количество диспергатора, %	0,5ГМФ	0,0	0,5ДАХ
Объемная масса, г/см ³	1,35—1,38	1,09—1,11	1,5—1,55
Расплав начальный (конус АзНИИ), см . .	26—30	28—30	26—28
Водопоглощение, % .	<2	—	1
Предельное сопротивление сдвигу (на 10-е сутки), МПа	>0,5	0,3—0,5	>0,5

Иногда для получения необходимой дисперсности глинистых растворов на местных глинах введение химического диспергатора оказывается недостаточным. Поэтому приходится прибегать к механической очистке глинистых растворов от крупных частиц с помощью гидроциклонов.

В настоящее время рецептура глинисто-силикатных растворов продолжает совершенствоваться. В НИИ оснований разработана рецептура так называемых активизированных глинисто-силикатных растворов (АГС). В них дорогостоящий диспергатор ГМФ (гексаметафосфат) заменен недефицитным и доступным ДАХ, в состав которого вводится фтористый натрий. Введение недефицитного диспергатора ДАХ делает новые растворы более экономичными, стоимость материалов в них по сравнению с обычными растворами на 40% ниже. Особенно перспективны глинисто-силикатные растворы для подземного строительства.

5. Газовая силикатизация

Способ газовой силикатизации основан на применении в качестве отвердителя жидкого стекла углекислого газа CO_2 . Сущность этого способа заключается в последовательном нагнетании в грунт через инжекторы или специально оборудованные скважины раствора силиката натрия и углекислого газа. Растворимая углекислота связывает щелочной компонент силиката натрия по реакции



что приводит к увеличению модуля силиката натрия и при определенных его значениях к коагуляции с образованием геля кремнекислоты, который цементирует грунт. Реакция протекает не более 2—3 мин. Грунт приобретает прочность и водостойчивость [24].

Проведенными работами [24] установлено следующее:

можно закреплять данным методом песчаные и супесчаные грунты с $K_{\text{ф}} = 0,1—20$ м/сут, в том числе и водонасыщенные;

объем закрепления увеличивается по сравнению с обычной однорастворной силикатизацией на 75% в зоне аэрации и на 25—40% в водонасыщенных грунтах;

оптимальное количество углекислого газа на 1 м^3 грунта равно 4 кг.

В лессовых грунтах после закрепления их силикатом натрия и углекислым газом наблюдалось:

увеличение в 2—2,5 раза объема закрепления по сравнению с контрольным закреплением (силикатом натрия без CO_2);

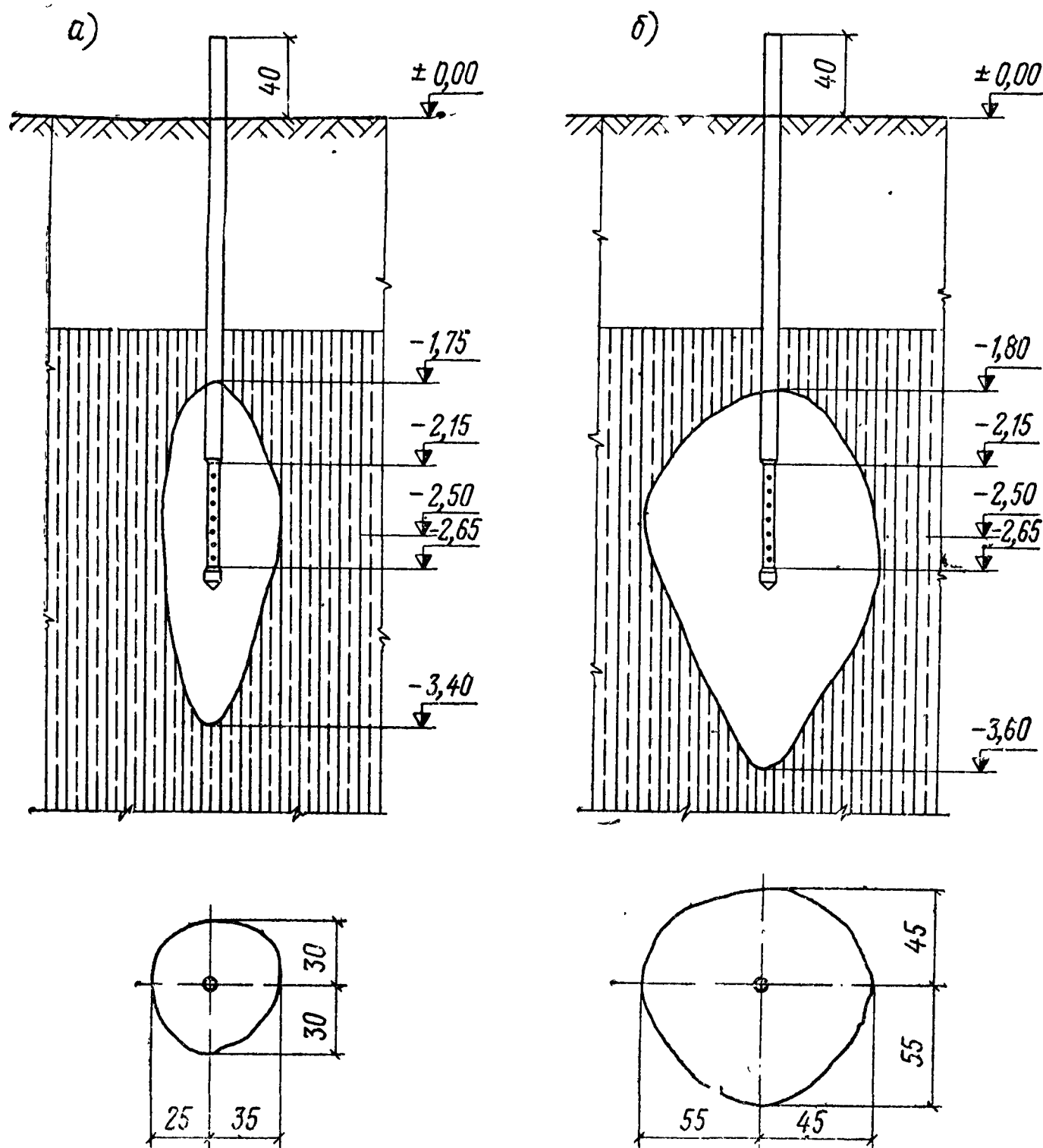


Рис. VIII-2. Инъецирование силикатного раствора плотности $\gamma_p = 1,09$ при газовой силикатизации

a — обычная силикатизация; *б* — газовая силикатизация

возрастание в 2 раза показателей прочности при сжатии;

повышение водостойкости, так как при хранении в воде в образцах $R_{сж}$ снизилась на 30% против 50% для образцов контрольных [24].

Увеличение объема происходит за счет перемещения при нагнетании газа неотвержденного силикатного раствора из приинъекционной зоны в незакрепленный грунт. Повышение прочности (до 2—3 МПа) достигается химическим связыванием избытка раствора силиката натрия, не вступившего в реакцию с лессовым грунтом, который, по исследованиям В. Е. Соколовича, всегда присутствует в силикатированном лессе (рис. VIII-2). Оптимум расхода CO_2 на 1 м^3 грунта составляет 2—3 кг. Углекислый газ — дешевый (10 коп. за 1 кг) и доступный реагент [42].

Существуют два варианта этого способа — без предварительной и с предварительной обработкой песчаного грунта углекислым газом.

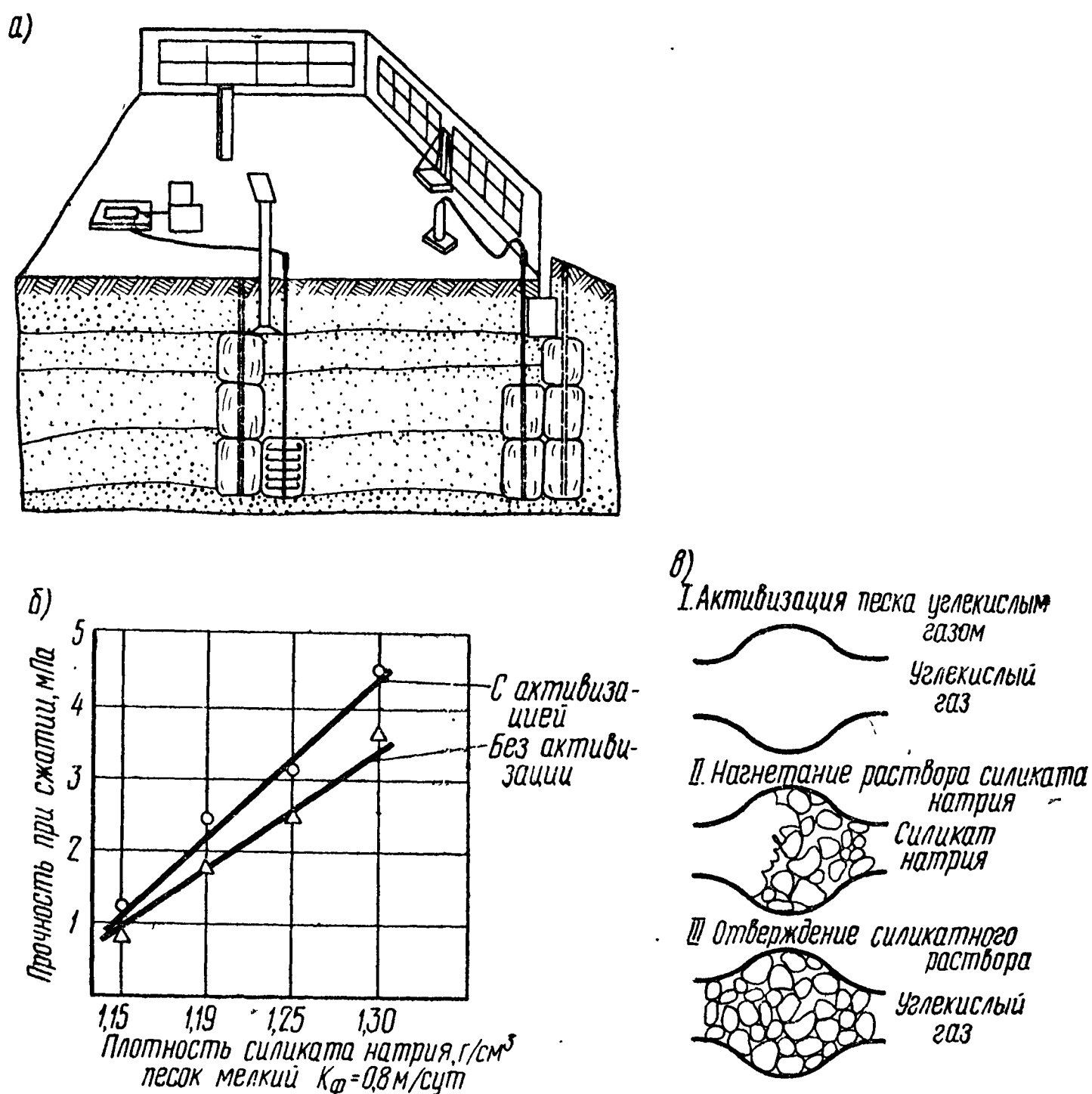


Рис. VIII-3. Газовая силикатизация песков с предварительной активизацией их углекислым газом

а — технология производства работ; б — влияние предварительной активизации на прочность закрепления; в — кинетика процесса закрепления

По первому варианту закрепление грунта идет по схеме:

грунт+раствор силиката натрия+CO₂;

по второму — по схеме:

CO₂+грунт+раствор силиката натрия+CO₂.

Второй вариант более эффективен, так как дает довольно высокую прочность—до 2 МПа и в 150—500 раз снижает водопроницаемость грунта (рис. VIII-3).

Газовую силикатизацию рекомендуется применять для закрепления:

бескарбонатных и карбонатных песчаных грунтов с неограниченным содержанием карбонатов с различной степенью влажности $Q \leq C \leq 1$ и загипсованных грунтов с неограниченным содержанием гипса с K_f от 0,1 до 20 м/сут;

лессовых грунтов со степенью влажности не более 0,7* и K_f не ниже 0,1 м/сут.

Области использования способа в строительной практике:

повышение несущей способности слабых грунтов, залегающих в основании строящихся или существующих зданий и сооружений;

создание фундаментов из закрепленного грунта;

проходка подземных выработок;

придание грунту водонепроницаемости при устройстве противофильтрационных завес в основании гидротехнических сооружений, проходке котлованов, устройстве экранов.

6. Смолизация

Метод закрепления грунтов смолами получил название смолизации. Сущность его заключается во введении в грунт высокомолекулярных органических соединений типа карбамидных, фенолформальдегидных и других синтетических смол в смеси с отвердителями (кислотами, кислыми солями). Через определенное время в результате взаимодействия смолы с отвердителями начинается процесс полимеризации смолы, который протекает в три стадии. Сначала раствор теряет первоначальную вязкость и начинает густеть, затем он

* Степень влажности грунта C для заполнения объема грунта водой — см. СНиП II-Б.1-62.

переходит в желатинообразное состояние и наконец — в твердое вещество, которое придает грунту водонепроницаемость и достаточно высокую прочность [54].

Для закрепления грунтов следует выбирать такие смолы, которые при введении в грунт обеспечивали бы предъявляемые к закрепленному грунту требования: высокую прочность и водонепроницаемость, т. е. смолы должны обладать следующими свойствами:

- адгезией — достаточным сцеплением с грунтом в присутствии воды;

- когезией — высокой степенью внутреннего молекулярного сцепления;

- полимеризоваться при нормальной и пониженной температуре и повышенной влажности в достаточно короткий срок;

- связывать значительное количество воды в процессе полимеризации;

- водонепроницаемостью, эластичностью и устойчивостью против действия микроорганизмов [22].

Наиболее целесообразно для глубинного закрепления грунтов использовать мочевиноформальдегидные (карбамидные) смолы. Им присущи необходимые для закрепления грунтов свойства, и из всех синтетических смол, выпускаемых отечественной химической промышленностью, они являются самыми дешевыми, благодаря чему именно эти смолы в Советском Союзе получили наиболее широкое применение.

Мочевиноформальдегидные смолы представляют собой продукты поликонденсации формальдегида с мочевиной, они доступны и недефицитны, поскольку первый получается из аммиака и углекислого газа, второй — из метилового спирта.

Из мочевиноформальдегидных смол наибольший интерес представляют карбамидные смолы, которые способны полимеризоваться при нормальной температуре в присутствии отвердителя — соляной или щавелевой кислот или хлористого аммония. Наиболее часто закрепляются грунты карбамидными смолами — крепитель М/КМ/, крепитель М-2, крепитель М-3, МФ-17 и менее часто — МФ и ММФ. Эти смолы хорошо растворяются в воде. Разбавленные водой, они имеют небольшую вязкость, что позволяет использовать их в качестве инъекционных растворов для глубинного закрепления мелкозернистого грунта.

При смолизации в грунт через инъекторы вводится водный раствор смолы с отвердителем. Раствор в установленный срок отверждается в поровом пространстве грунта, в результате чего последний прочно закрепляется, приобретая водонепроницаемость.

Оптимальный раствор на основе крепителя М состоит из водного раствора смолы плотностью 1,075—1,08 г/см³ (100 частей) и соляной кислоты 3%-ной концентрации (4—6 частей). Время гелеобразования при таком соотношении смолы отвердителя находится в пределах 1—3 ч; рН=2—2,8; вязкость 3—4 спз [20, 51, 54]; время гелеобразования закрепляющего раствора зависит от его рН и температуры, а также от концентрации смолы в растворе. Вязкость раствора увеличивается во времени и зависит от температуры: при понижении температуры она увеличивается. Поэтому при инъекции раствора (особенно в мелкие пески) температура раствора должна быть в пределах 18—20° С [20, 51, 54];

наличие глинистых частиц и карбонатов в песках сказывается отрицательно на закреплении, так как они частично поглощают соляную кислоту из гелеобразующего раствора, рН его повышается и время образования геля сдвигается в сторону увеличения.

Поэтому при содержании в песках глинистых частиц от 1 до 3% и карбонатов до 3% необходима предварительная обработка их раствором соляной кислоты 3—5%-ной концентрации; при содержании карбонатов более 3% необходима предварительная обработка грунтов раствором щавелевой кислоты 2—6%-ной концентрации [20, 51, 54];

прочность при сжатии закрепленного карбамидной смолой песка колеблется в пределах 1—5 МПа, что в основном зависит от концентрации смолы в растворе. Не-разбавленный раствор смолы придает пескам прочность около 5 МПа, при разбавлении смолы в 1,5 раза (смола: вода=1 : 0,5) $R_{сж}=2,5$ МПа; в 2 раза (1 : 1) оптимум $R_{сж}=1,5$ МПа;

песчаный грунт, закрепленный раствором оптимальной рецептуры, приобретает практическую водонепроницаемость. Например, песок, обработанный гелеобразующим раствором, снизил коэффициент фильтрации с $1,10^{-2}$ до $1,10^{-6}$ см/с [20, 51, 54];

образцы закрепленного песка лабораторного изготовления, помещенные на год в агрессивные растворы

соляной и серной кислот и сернокислого натрия 0,1 нормальной концентрации, оказались устойчивыми к агрессии.

Испытания на долговечность песков, закрепленных карбамидной смолой, на образцах лабораторного и натурного закрепления в кислых, щелочных и солевых растворах, проводимые в течение 6 лет, позволили определить границы агрессивности растворов по показателю рН.

Агрессивными по отношению к закрепленному грунту оказались растворы: кислые с $\text{pH} < 3$ и щелочные с $\text{pH} > 13$, т. е. в них образцы со временем разрушились. В растворах с рН в пределах 3—13 образцы не корродировали [23]. Если учесть, что рН природных вод находится в пределах 6—8, можно считать закрепленный грунт практически долговечным;

грунт, закрепленный карбамидной смолой, морозостоек. Уменьшение прочности образцов после 15 циклов замораживания находилось в пределах допустимых норм.

В результате лабораторных и полевых работ выявилась одна особенность способа смолизации, заключающаяся в возможности закрепления им мелких песков с $K_{\text{ф}} = 0,5—5$ м/сут с повышенной прочностью до 4—5 МПа.

Способ смолизации рекомендуется для закрепления сухих и водонасыщенных песчаных грунтов, имеющих $K_{\text{ф}} = 0,5—25$ м/сут, с целью повышения несущей способности грунта в основании зданий и сооружений для проходки подземных выработок и устройства противofильтрационных завес и экранов.

Метод смолизации помог успешно решить проблему закрепления карбонатных песков при применении в качестве отвердителя карбамидной смолы щавелевой кислоты. Разработаны два варианта закрепления карбонатных песков карбамидными смолами: без предварительной обработки грунтов растворами щавелевой кислоты с введением избытка последней в гелеобразующий раствор (за счет сокращения времени гелеобразования до 30—20 мин) и с предварительной обработкой грунта раствором щавелевой кислоты (2—4 %-ной концентрации) с последующим введением карбамидных золь с щавелевокислым отвердителем.

Для закрепления используется гелеобразующий рас-

твор, состоящий из карбамидной смолы марки «Крепитель М» плотностью 1,15 г/см³ и щавелевой кислоты 6—8%-ной концентрации плотностью 1,021—1,023 г/см³ в объемных соотношениях, равных 1 : 1; 1 : 0,5; 1 : 0,2 и 1 : 0,1. Время гелеобразования таких растворов колеблется от 10 до 60 мин.

В настоящее время Кусковский химзавод выпускает карбамидную смолу марки «Крепитель М-3» (КМ-3), отличающуюся от КМ малым содержанием формальдегида.

§ 2. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ХИМИЧЕСКОМ ЗАКРЕПЛЕНИИ ГРУНТОВ

1. Химические реактивы

Закрепление грунтов химическими материалами должно отвечать требованиям и техническим условиям действующих государственных стандартов. В табл. VIII-2 приводятся нормативные документы на химические реактивы, используемые при закреплении грунтов.

При силикатизации песчаных и лессовых грунтов применяется силикат натрия (жидкое стекло) $\text{Na}_2\text{O}_n\text{SiO}_2$, доставляемый к месту работ либо в виде раствора плот-

Т а б л и ц а VIII-2

Перечень нормативных документов на химические реактивы

Наименование реактива	Нормативный документ	Физическое состояние реактива
Силикат натрия (жидкое стекло)	ГОСТ 13078—67	Глыба
Хлористый кальций	ГОСТ 450—70	Комки
Соляная кислота	ГОСТ 1382—69	Жидкость
Ортофосфорная кислота	ОСТ 10 114—39	Порошок кристаллический
Щавелевая кислота	ТУхП 1391—50	То же
Углекислый газ	ГОСТ 8050—64	Сжиженный
Крепитель М	МРТУ-05-1101-67	Жидкость
Крепитель М-2	МРТУ 05-1101-67	»
Крепитель М-3	ВТУ Г-151-70 (Кусковского завода)	»
МФ-17	МРТУ 6-05-1006-66	»
ССБ (сульфитно-спиртовая барда)	ГОСТ 8518—57	»

ностью 1,4—1,5 г/см³, либо готовится на месте путем разварки силикат-глыбы в автоклавах или силикаторазварках.

В зависимости от исходных материалов силикат натрия выпускается следующих видов: содовый и содово-сульфатный. Раствор силиката натрия — жидкое стекло — должен отвечать требованиям ГОСТ 13078—67. По физико-химическим показателям жидкое стекло должно соответствовать нормам, указанным в табл. VIII-3.

Т а б л и ц а VIII-3

Нормы для физико-химических показателей силиката натрия

Показатель	Нормы для вида	
	содового	содово-сульфатного
Внешний вид	Густая жидкость желтого или серого цвета без механических включений, видимых невооруженным глазом	Густая жидкость от желтого до коричневого цвета без механических включений, видимых невооруженным глазом
Содержание кремнезема, %	31—33	28,5—29,5
Содержание окиси железа и окиси алюминия не более, %	0,25	0,4
Содержание окиси кальция не более, %	0,2	0,25
Содержание серного ангидрида в пересчете на серу не более, %	0,06	0,4
Содержание окиси натрия, %	10—12	10—11
Силикатный модуль	2,65—3,4	2,65—3,4
Плотность, г/см ³	1,36—1,5	1,43—1,5

Силикатный модуль является главной характеристикой раствора силиката натрия, определяющей его состав. Под модулем подразумевается отношение числа грамм-молекул кремнезема (SiO₂) к числу грамм-молекул окиси натрия (N₂O).

Для работ по силикатизации грунтов рекомендуется использовать растворы силиката натрия с силикатным модулем не ниже 2,7.

2. Определение модуля раствора силиката натрия (Экспресс-метод В. Е. Соколовича)

Исходное концентрированное стекло разбавляют в 2 раза; 1—2 мл разбавленного раствора наливают в фарфоровую чашку объемом 120—150 мл, стенки которой предварительно покрывают слоем парафина толщиной 2—3 мм. К этой пробе приливают около 30 мл дистиллированной воды и несколько капель индикатора метилового красного и титруют нормальным раствором соляной кислоты до исчезновения желтой окраски индикатора. В нейтрализованный раствор добавляют 3—4 г кристаллического фтористого натрия и несколько капель метилового красного. Раствор при постоянном перемешивании пластмассовой палочкой (не содержащей кремнеземистого заполнителя) титруют нормальным раствором соляной кислоты до исчезновения желтой окраски индикатора. Титрование прекращают, когда две последние капли окрасят раствор в бледно-розовый цвет и окраска эта сохранится в течение 5 мин.

Количество однонормальной соляной кислоты в миллилитрах, израсходованное на первое титрование, умноженное на коэффициент 31, будет соответствовать содержанию Na_2O в миллиграммах. Количество однонормальной соляной кислоты в миллилитрах, которое потребовалось на второе титрование (осаждение кремневой кислоты) в присутствии кристаллического фтористого натрия, умноженное на коэффициент 15, будет соответствовать количеству кремневой кислоты в миллиграммах.

Модуль раствора силиката рассчитывается по формуле

$$M = \frac{A}{D} 1,032,$$

где A — содержание SiO_2 , мг;

D — содержание Na_2O , мг;

1,032 — отношение молекулярной массы окиси натрия к молекулярной массе кремнезема.

При однорастворной силикатизации в качестве коагулянта (отвердителя) жидкого стекла используется алюминат натрия, который должен соответствовать следующим требованиям (ТУ Всесоюзного алюминиево-магниевого института, Ленинград):

Физико-химические свойства карбамидных смол

Показатель	Марка смолы				
	КМ	КМ-2	КМ-3	МФ-17	
	Нормативные документы				
	МРТУ 05-1101-67	МРТУ 05-1101-67	ВТУ Г-151-70 Кузковского химического завода	МРТУ 6-05-1006-66	
Внешний вид	Сиропообразная жидкость, однородная по цвету. Допускается появление мути в виде устойчивых кристаллов		Однородная вязкая жидкость белого или светлорозового цвета. Допускается появление мути		
Плотность при 20° С, г/см³	1,15—1,2	1,15—1,2	1,15—1,25	1,25—1,27	
Вязкость при 20° С по вискозиметру ВЗ-1, с	4—10	4—10	4—35	40—100	
Концентрация водородных ионов (рН)	7,2—9	7,2—9	7—9	7,5—8,5	
Содержание свободного формальдегида не более, %	Не определяется	2	0,5	3	
Растворимость в воде	Растворяется. Допускается наличие легкого осадка на дне сосуда	Не определяется	В соотношении 1:1	При соотношении воды и смолы, равном 1:2, раствор не должен коагулировать	
Примечания: 1 Срок хранения смол КМ, КМ-2, КМ-3 не более трех и МФ-17 не более двух месяцев. 2. При определении в лабораторных и производственных условиях содержания свободного формальдегида в карбамидной смоле марки КМ составляло 3,5%.					

каустический модуль (отношение числа грамм-молекул каустической щелочи Na_2O к числу грамм-молекул окиси алюминия Al_2O_3) 1,5—1,7;

крупность дробления 5—6 мм;

наличие нерастворимых взвесей 1—2%.

Другой коагулянт в виде раствора плотностью 1,1—1,2 г/см³ — кремнефтористоводородная кислота — побочный продукт производства суперфосфата и фосфорной кислоты.

Применяемые для закрепления грунтов карбамидные смолы должны соответствовать показателям, приведенным в табл. VIII-4.

3. Рецептура закрепляющих растворов

В институте НИИ оснований разработаны рецептуры закрепляющих растворов для грунтов [12, 45].

Ниже приведены данные, по которым назначается концентрация рабочего раствора силиката натрия, применяемого при двухрастворной силикатизации.

Коэффициент фильтрации грунта, м/сут	Плотность раствора силиката натрия, г/см ³ при 18 °С
2—10	1,35—1,38
10—20	1,38—1,41
20—80	1,41—1,44

Рабочий раствор хлористого кальция, используемый при двухрастворной силикатизации, должен иметь плотность 1,26—1,28 г/см³ и рН не менее 5,5.

Рабочий раствор силиката натрия, употребляемый при однорастворной силикатизации лессовых просадочных грунтов, должен иметь плотность 1,05—1,17 г/см³.

Рабочие растворы и гелеобразующие смеси, применяемые при однорастворной силикатизации мелкозернистых и пылеватых песков, должны удовлетворять требованиям, указанным в табл. VIII-5.

Концентрация рабочего раствора силиката натрия, используемого при газовой силикатизации, назначается согласно табл. VIII-6.

Рабочие растворы и гелеобразующие смеси для смолизации грунтов должны удовлетворять требованиям, указанным в табл. VIII-7.

Т а б л и ц а VIII-5

Рецептуры закрепляющих растворов при однорастворной
силикатизации

Рецепту- ра	Компоненты гелеоб- разующей смеси	Плотность раствора, г/см ³	Объемное соотноше- ние раст- воров в смеси	Время гелеобразования
I	Силикат натрия	1,19	1	1—10 ч
	Ортофосфорная кислота	1,025	3,4—6	
II	Силикат натрия	1,25—	5—6	При +20 °С — 30—40 мин
		1,3		
	Кремнефтори- стоводородная ки- слота	1,08—	0,7—1	При +10° С — 1 ч — 1 ч 15 мин
		1,1		При +5° С — 1 ч 30 мин — 2 ч
III	Силикат натрия	1,15	5—4	
	Алюминат нат- рия	1,05	1	1—3 ч

Примечания: 1. Время гелеобразования — это время затрачиваемое на переход смеси растворов из жидкого состояния золя в гелеобразное.
2. Порядок смешения компонентов гелеобразующей смеси следующий: рецептура I — раствор силиката натрия приливают к раствору кислоты; рецептура II — раствор кислоты — к раствору силиката натрия; рецептура III — раствор алюмината натрия — к раствору силиката натрия.
3. В случае применения рецептуры III необходимость предварительной обработки грунта кремнефтористоводородной кислотой устанавливается при пробном закреплении грунта в лабораторных условиях.

Т а б л и ц а VIII-6

Исходные данные для определения концентрации рабочего раствора
силиката натрия

Коэффициент фильтрации грунта, м/сут	Плотность раствора силиката натрия, г/см ³ при модуле	
	2,65—3	3—3,5
0,5—1	1,19	1,15
1—5	1,25	1,19
5—20	1,3	1,25

Бентонитосиликатные тампонажные растворы* должны удовлетворять требованиям, приведенным ниже.

* Составы бентонитосиликатного и глиноцементного растворов заимствованы из материалов по устройству противofильтрационной завесы Асуанской плотины.

Рецептуры и свойства гелеобразующих смесей

Рецептура	Компоненты гелеобразующей смеси	Плотность раствора, г/см ³	Объемные соотношения растворов в частях	Вязкость гелеобразующего раствора, сПз
I	Смола КМ Соляная кислота (3%)	1,07—1,08 1,013	100 3—6	3—4
II	Смола КМ Щавелевая кислота	1,15—1,16 1,019—1,008	100 25—100	15—5
III	Смола КМ-2 Соляная кислота	1,09 1,013	100 7—8	3,5
IV	Смола КМ-2 Щавелевая кислота	1,09 1,023	100 8—12	3—3,5
V	Смола КМ-3 Соляная кислота	1,15—1,16 1,013	100 8—14	8
VI	Смола КМ-3 Щавелевая кислота	1,15—1,67 1,023	100 14—24	6—7
VII	Смола КМ-3 Сульфитно-спиртовая барда (ССБ)* Соляная кислота	1,178—1,18 1,15—1,16 1,013	100 100—200 25—45	15—35
VIII	Смола КМ-3 Азотнокислый аммоний Соляная кислота	1,178—1,18 1,1—1,2 1,023	100 100—200 10—8	2—4
IX	Смола МФ-17 Соляная кислота	1,08—1,1 1,013	100 8—12	3,5
X	Смола МФ-17 Щавелевая кислота	1,08—1,11 1,023	100 15—25	3—4

* Используется сульфитно-спиртовая барда на натриевом основании сухомского ЦБК.

П р и м е ч а н и я: 1. Время гелеобразования для приведенных рецептов находится в пределах 30 мин — 3 ч.

2. Порядок смешения компонентов гелеобразующих смесей следующий: в рецептурах I — V, IX и X раствор кислоты приливают к раствору смолы;

в рецептуре VII готовится кислый коагулянт смешением растворов ССБ и соляной кислоты, который затем приливают к рабочему раствору смолы;

в рецептуре V раствор азотнокислого аммония смешивают с раствором смолы и затем к этой смеси приливают раствор соляной кислоты.

3. Рецепт V применяется для укрепления подземных выработок.

Количество компонентов в 1 м³ раствора:

бентонита, л	159—191
раствора силиката натрия (плотность 1,38 г/см ³)	0,5% массы сухого бентонита
воды, л	941—929

Контрольные параметры:

плотность, г/см ³	1,1—1,12
расплав, см	26—22
предельное сопротивление сдвигу, МПа	>0,5

Ниже указаны требования, которым должны удовлетворять глиноцементные тампонажные растворы¹.

Количество компонентов в 1 м³ раствора:

глины, л	260—320
цемента, кг	110
воды, л	870—848

Контрольные параметры:

плотность, г/см ³	1,24—1,28
расплав, см	21—26
прочность на сжатие $R_{сж}$, МПа	0,05—0,1

§ 3. ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ ПО ХИМИЧЕСКОМУ ЗАКРЕПЛЕНИЮ ГРУНТОВ

Для получения материалов об инженерно-геологическом строении и гидрогеологических условиях строительного участка, необходимых для составления проекта закрепления грунтов, проводятся изыскательские работы. В состав изыскательских работ входят и опытные работы по закреплению грунтов [12; 45, 54.]

Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования предполагают бурение скважин и проходку шурфов с отбором проб в количестве 1—2 кг основных разновидностей грунта и грунтовой воды в объеме 1—2 л для последующего определения их свойств и химического состава. Число скважин и шурфов, их расположе-

¹ Составы бентонитосиликатного и глиноцементного растворов заимствованы из материалов по устройству противофильтрационной завесы Асуанской плотины.

ние на площадке назначают в зависимости от сложности геологического строения и размеров сооружения. Расстояния между разведочными выработками зависят от размеров объекта и колеблются от 15 до 50 м. Коэффициент фильтрации подлежащих закреплению грунтов определяется с помощью специального прибора, описание которого дано ниже.

Опытные полевые работы по закреплению грунтов осуществляются нагнетанием закрепляющих растворов через инъекторы, забитые в 2—3 точках. Через двое суток после нагнетания производятся проходка шурфа или бурение скважин и отбор закрепленного грунта для определения его свойств (см. ниже).

Данные инженерно-геологического обследования и опытного закрепления грунтов должны содержать:

- план площадки в масштабе 1:200 с нанесенными контурами сооружения и точками разведочных выработок;

- каталог выработок с указанием глубин;

- чертежи колонок по отдельным выработкам;

- инженерно-геологические продольные и поперечные профили в масштабах 1:100 (вертикальный) и 1:200 (горизонтальный);

- таблицы с результатами исследований грунтов и полевых испытаний их на закрепляемость.

§ 4. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ

Для установления возможности закрепления грунта и необходимых для проектирования данных проводят лабораторные исследования, в состав которых входят:

- исследования свойств подлежащих закреплению грунтов;

- подбор оптимальной рецептуры закрепляющего раствора;

- испытание грунтов на закрепляемость.

В результате лабораторных исследований грунтов определяют:

- гранулометрический состав (ГОСТ 12536—67);

- пористость;

- коэффициент фильтрации (трубка Каменского);

- степень карбонатности (см. ниже);

- химический состав водной вытяжки;

химический состав грунтовых вод.

Подбор оптимальной рецептуры закрепляющих растворов относится к смесям, приведенным в § 2, и сводится к установлению точного объемного соотношения в гелеобразующих смесях растворов силиката натрия или смолы и коагулянта (отвердителя) для заданного времени гелеобразования. Методика определения времени гелеобразования приводится ниже.

Испытание грунтов на закрепляемость сводится к нагнетанию в грунт с помощью лабораторного инъекционного прибора гелеобразующей смеси и последующего определения в закрепленном грунте прочности на сжатие, водостойкости и при необходимости фильтрационных свойств.

§ 5. СОСТАВ ПРОЕКТА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ И ОСНОВНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

1. Состав ППР

Проект производства работ по закреплению грунтов составляется на основании следующих материалов: инженерно-геологических исследований строительной площадки;

технических данных о зданиях и сооружениях, о расположении подземных коммуникаций (водопровод, канализация, кабельная сеть, газопроводы и др.);

результатов лабораторных и опытно-производственных работ по закреплению грунтов.

Проект химического закрепления грунтов должен содержать:

план расположения инъекторов;

разрезы по отдельным сечениям с указанием направления инъекторов, глубины их погружения, число заходов и их расположение по глубине;

данные об объеме работ по закреплению грунтов и о контрольных выработках;

сведения о количестве химических реагентов на одну заходку и на весь закрепляемый массив;

указания по режиму нагнетания;

требования к закрепленному грунту — прочность, монолитность, водоустойчивость и водонепроницаемость;

схему организации работ (порядок нагнетания растворов, число одновременно работающих инъекторов, пе-

речень и характеристику оборудования, указания по монтажу, а также потребность в рабочей силе и основных материалах);

пояснительную записку, содержащую указания по технологии производства работ и контролю качества закрепления;

смету, калькуляцию и единичные расценки;

календарный план.

2. Основные указания по проектированию

Установление возможности и выбор способа химического закрепления грунтов определяются в зависимости от фильтрационных свойств грунта, типа и назначения возводимых на них сооружений.

При закреплении песчаных и лессовых грунтов способами силикатизации и смолизации радиус закрепления грунта от одного инъектора назначается в зависимости от коэффициента фильтрации по табл. VIII-8.

Т а б л и ц а VIII-8

Радиусы закрепления грунта в зависимости от коэффициента фильтрации

Грунты и способ их закрепления	Коэффициент фильтрации, м/сут	Радиус закрепления грунта, м
Крупные и средние пески. Двухрас- творная силикатизация	2—10	0,3—0,4
	10—20	0,4—0,6
	20—50	0,6—0,8
	50—80	0,8—1
Мелкие и пылеватые пески. Одно- растворная силикатизация (силикат Na+H ₃ PO ₄ и силикат Na+NaAlO ₂)	0,5—1	0,4—0,6
	1—2	0,6—0,8
	2—5	0,8—1
Мелкие и средней крупности пески. Смолизация и однорастворная си- ликатизация с кремнефтористоводо- родной кислотой	0,5—1	0,4—0,6
	1—5	0,6—0,8
	5—20	0,8—1
Мелкие и пылеватые пески. Газовая силикатизация	0,5—1	0,3—0,5
	1—5	0,5—0,8
	5—20	0,8—1
Просадочные грунты. Однораствор- ная силикатизация	0,1—0,3	0,3—0,4
	0,3—0,5	0,4—0,6
	0,5—1	0,6—0,8
	1—2	0,8—1

При применении тампонажных глиноцементных и бентонитосиликатных растворов объем грунта, закрепленного от одного манжета, рассчитывается по формуле

$$V = \pi R^2 h, \quad (\text{VIII-1})$$

где V — объем грунта, закрепленного от одного манжета;

R — радиус распространения раствора, равный $1/2$ расстояния между скважинами в ряду;

h — расстояние между тампонами, обычно принимаемое 0,33 м.

Расстояние между скважинами в ряду и между рядами зависит от свойств закрепляемого грунта и инъекционного раствора и составляет 1,5—2,5 м.

Для сплошного закрепления массива грунта инъекторы располагают в шахматном порядке. Расстояние между рядами инъекторов определяют по формуле

$$a = 1,5 r, \quad (\text{VIII-2})$$

а расстояние между инъекторами в ряду — по формуле

$$b = 1,73 r, \quad (\text{VIII-3})$$

где r — радиус закрепления от одного инъектора, м.

Расположение инъекторов и конфигурации массивов при химическом закреплении грунтов в основании зданий и сооружений для защиты от осадок фундаментов, расположенных вблизи трасс метро, при проходке тоннелей приводится на рис. VIII-4.

Нагнетание закрепляющих растворов в грунт через инъекторы по глубине выполняется отдельными зонами — «заходками», закрепляемыми за один прием. В однородных по водопроницаемости грунтах нагнетание растворов следует производить заходками сверху вниз. Если водопроницаемость (коэффициент фильтрации) с глубиной увеличивается, то закрепление осуществляется снизу вверх.

В неоднородных грунтах с частой слоистостью, отличающихся по водопроницаемости более чем на один порядок, нагнетание закрепляющих растворов следует вести раздельно по слоям: слой грунта с большей водопроницаемостью закрепляется в первую очередь.

При двухрастворной силикатизации песков в зависимости от действительной скорости грунтовых вод нагнетание химических растворов рекомендуется производить в следующем порядке:

при скорости грунтовых вод до 1 м/сут вначале нагнетают жидкое стекло последовательно, заходками сверху вниз, на всю глубину закрепляемого грунта, а

затем — раствор хлористого кальция заходками снизу вверх;

при скорости грунтовых вод от 1 до 3 м/сут поочередно нагнетают в каждую заходку жидкое стекло и раствор хлористого кальция;

при скорости грунтовых вод более 3 м/сутки грунт закрепляют в две очереди: вначале устраивают времен-

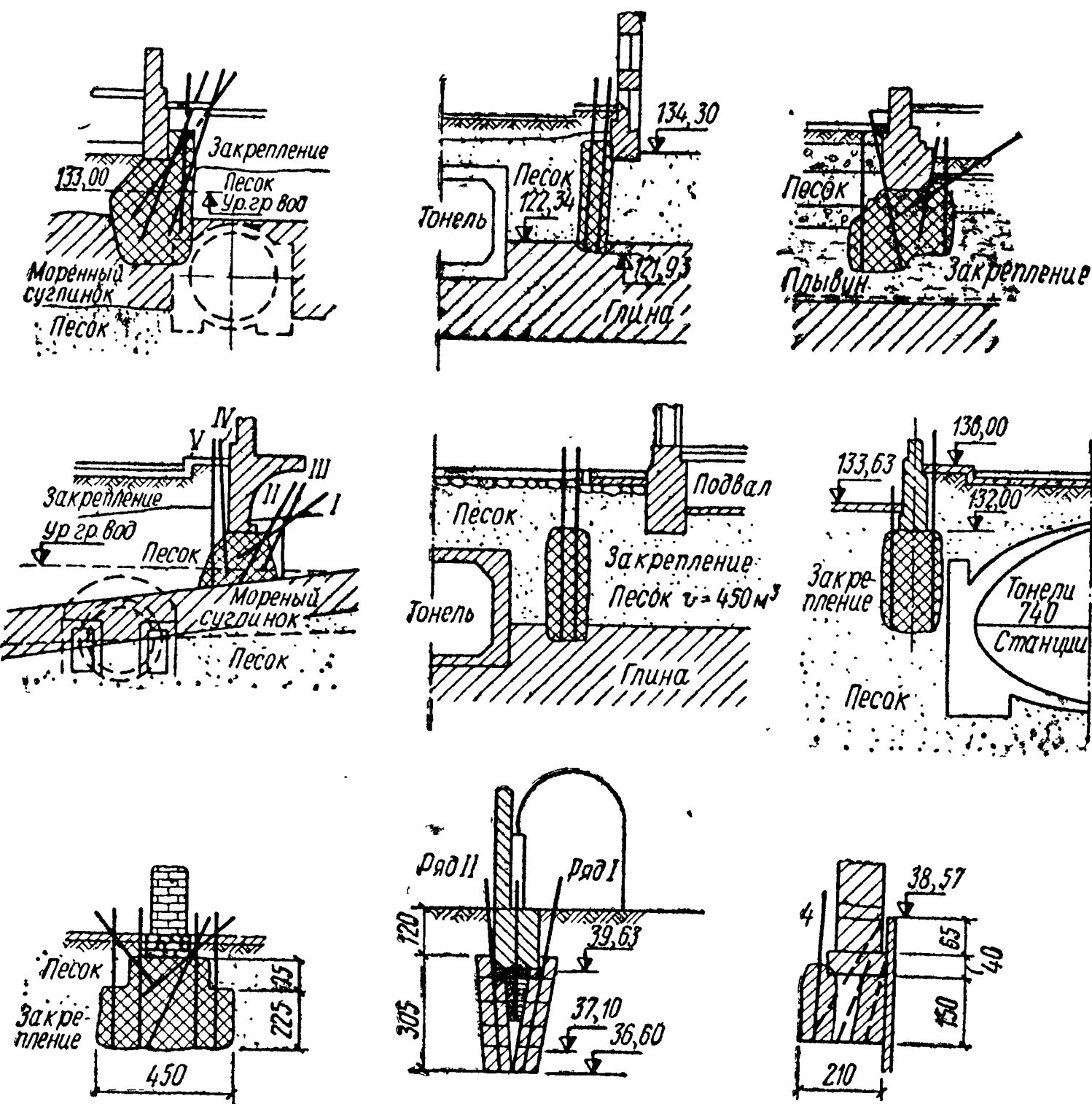


Рис. VIII. А. Расположение инъекторов при химическом закреплении грунтов в основаниях зданий и сооружений

ную водонепроницаемую завесу, а затем под ее защитой закрепляют массив грунта.

При устройстве временной завесы одновременно нагнетают в каждую заходку жидкое стекло и раствор хлористого кальция через разные инъекторы, забитые на расстоянии 0,15—0,2 м один от другого так, чтобы жид-

кое стекло по мере движения его с потоком грунтовых вод было перехвачено раствором хлористого кальция. После устройства временной завесы закрепляют грунт поочередным нагнетанием растворов в каждую заходку.

Перерывы во времени между нагнетанием жидкого стекла и раствора хлористого кальция при закреплении водонасыщенных песков не должны быть более указанных ниже.

Скорость грунтовых вод, м/сут													Перерыв, ч
0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	24
0,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
1,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1

При промежуточных значениях скорости грунтовых вод длительность перерывов определяют по интерполяции. При глубине более 5 м закрепляемый массив разбивают по вертикали на несколько зон, каждая из которых закрепляется по заходкам.

Нагнетание реагентов в грунт при газовой силикатизации проходит по следующей схеме:

СО₂+раствор силиката натрия+СО₂.

Перерыв во времени между нагнетанием первой порции углекислого газа и раствора силиката натрия должен быть не более 30 мин, а между нагнетанием раствора силиката натрия и второй порцией углекислого газа— не более значений, приведенных ниже.

Скорость грунтовых вод, м/сут													Перерыв, ч
0—0,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
0,5—5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,5

Количество химических растворов, необходимое для закрепления грунта, определяется по приведенным ниже формулам.

При двухрастворной силикатизации количество жидкого стекла находится из выражения

$$X = 5 Vn, \tag{VIII-4}$$

где V — объем закрепляемого грунта, м³;
n — пористость грунта, %.

Количество раствора хлористого кальция должен быть таким же (по объему), как и жидкого стекла.

При однорастворной силикатизации количество гелеобразующего раствора вычисляется по формуле

$$X = 12 Vn. \quad (\text{VIII-5})$$

При смолизации количество гелеобразующего раствора определяется из уравнения

$$X = 10 Vn. \quad (\text{VIII-6})$$

При газовой силикатизации количество раствора силиката натрия (жидкого стекла) рассчитывается по формуле

$$X = 8 Vn. \quad (\text{VIII-7})$$

Количество исходного раствора силиката натрия или смолы, необходимое для приготовления заданного объема раствора рабочей концентрации, определяется из выражения

$$Q_k = \frac{\gamma_p - 1}{\gamma_k - 1} Q_p, \quad (\text{VIII-8})$$

где Q_k — количество исходного раствора силиката натрия или смолы, л;

Q_p — количество раствора силиката натрия или смолы рабочей концентрации, л;

γ_k — плотность исходного раствора силиката натрия или смолы, г/см³;

γ_p — плотность раствора силиката натрия или смолы рабочей концентрации, г/см³.

Количество углекислого газа, необходимое для закрепления грунта газовой силикатизацией, определяется по следующим формулам:

а) для предварительной активизации грунта (первая порция)

$$\Gamma_1 = Vncp; \quad (\text{VIII-9})$$

б) для отверждения раствора силиката натрия в порах грунта (вторая порция)

$$\Gamma_2 = Vn\beta p, \quad (\text{VIII-10})$$

где V — объем закрепляемого грунта, м³;

n — пористость грунта, %;

p — плотность углекислого газа, равная 1,98 г/см³;

c — коэффициент, равный 0,025;

β — коэффициент, равный для песков крупных и средней крупности 0,08, для мелких песков и плывунов — 0,1.

Количество закрепляющего раствора в л на одну закладку определяется по формуле

$$Q = \pi r^2 l n a, \quad (\text{VIII-11})$$

где r — радиус закрепления, м;
 l — длина заходки, м;
 n — пористость грунта, %;
 a — коэффициент, равный при двухрастворной силикатизации 5 (для каждого раствора), при однорастворной силикатизации 12, при смолизации 10 и при газовой силикатизации 8.

Нормы расхода тампонажного раствора (глиноцементного или бентонитосиликатного), вводимого в грунт через один манжет, рассчитываются по формуле

$$N = AnVk_1k_2, \quad (\text{VIII-12})$$

где N — норма расхода на 1 манжет, м³;
 V — объем грунта, закрепленного от одного манжета;
 A — коэффициент заполнения пор инъекционным раствором, равный 0,6—0,7;
 k_1 — коэффициент распространения раствора за пределы закрепленного массива, равный для крайних рядов массива 1,25, для внутренних — 1;
 k_2 — коэффициент, учитывающий объем отжатой из раствора воды, равный 1,25—1,4;
 n — пористость грунта в долях единицы.

Растворы должны нагнетаться в песчаные грунты равномерно и медленно. В табл. VIII-9 приведен рекомендуемый режим нагнетания (насосный) раствора.

Давление при нагнетании закрепляющих растворов должно быть менее предельного, при котором могут возникнуть разрывы закрепляемого грунта. Ниже при-

Т а б л и ц а VIII-9

Режим нагнетания раствора

Грунт	Коэффициент фильтрации, м/сут	Расход нагнетания раствора, л/мин
Песок мелкозернистый . . .	{ 2—10 10—20 20—30	1—2 2—3 3—5
Песок пылеватый	{ 0,5—1 1—5	1—2 2—5

П р и м е ч а н и я: 1. Не допускается при нагнетании химических растворов доводить давление до критического, при котором могут возникнуть разрывы закрепляемого грунта и прорывы раствора за пределы закрепляемого контура.

2. В просадочные грунты растворы нагнетаются с непрерывным нарастанием их расхода.

3. Если при нагнетании раствора будет наблюдаться выход его на поверхность по затрубному пространству либо через трещины в грунте, нагнетание следует немедленно прекратить и места выхода раствора затампонировать.

ведены предельные величины давления нагнетания в песчаные грунты.

Глубина от поверхности, м	Максимальное давление, МПа
2—4	0,3—0,5
4—10	0,5—1

В просадочных грунтах давление нагнетания не должно превышать 0,5 МПа.

Давление при нагнетании газа для активизации песка (способ газовой силикатизации) должно быть не более 0,15—0,2 МПа. Давление нагнетания газа для отверждения силиката натрия не должно превышать давления при нагнетании силиката натрия, значения которого приведены ниже.

Глубина от поверхности, м	Максимальное давление, МПа
2—4	0,3—0,5
4—10	0,5—1

При инъекции тампонажных растворов (глиноцементных и бентонитосиликатных) давление должно обеспечивать проникание в грунт заданного количества раствора. Оно зависит от свойств грунтов и инжецируемого раствора, расхода раствора и от мощности пригрузочного слоя. При нагнетании раствора в грунт на глубину 5—30 м давление в зависимости от указанных факторов может варьировать в пределах 0,5—0,2 МПа.

Прочность на сжатие закрепленного грунта назначается при проектировании объекта, причем она не должна быть более указанной в табл. VIII-10.

**§ 6. ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИМЕНЯЕМОЕ
ПРИ ХИМИЧЕСКОМ ЗАКРЕПЛЕНИИ ГРУНТОВ**

Для производства работ по силикатизации и смолизации песчаных и лессовых грунтов применяется следующее оборудование:

- инъекторы и насосы для нагнетания растворов в грунт;
- машины и механизмы для погружения и извлечения инъекторов;
- шнековый станок для бурения скважин (БСН-241);

Значения прочности на сжатие закрепленного грунта

Способ закрепления	Грунты	Коэффициент фильтрации, м/сут	Предел прочности на сжатие $R_{сж}$, МПа
Двухрастворная силикатизация	Пески крупной и средней крупности	5—10 10—20 20—80	3,5—3 3—2 2—1,5
Однорастворная силикатизация (раствор силикатно-кремнефтористоводородный)	Пески мелкие и пылеватые Пески средней крупности	0,5—5 5—20	2—1,5 1,5—1
Однорастворная силикатизация (растворы силикатно-фосфорнокислые и алюмосиликатные)	Пески мелкие и пылеватые	0,5—5	0,3—0,2
Однорастворная силикатизация (раствор силикатный)	Лессы	0,1—2	1—1,4
Газовая силикатизация	Пески мелкие и пылеватые Пески средней крупности	0,5—5 5—20	1,5—1,2 1,2—0,8
Смолизация	Пески мелкие и пылеватые Пески средней крупности	0,5—5 5—25	2,5—2 2—1,5
Бентонитосиликатные растворы	Пески крупные и средней крупности	5—50	$\tau^* > 0,5$
Глиноцементные растворы	Пески гравелистые и крупные	> 80	0,1—0,05
* τ — предельное сопротивление сдвигу, МПа.			

компрессор для питания пневматических молотков
и пневматического нагнетания растворов в грунт;
емкости для приготовления и хранения растворов;
разводящая сеть;
контрольно-измерительная аппаратура;

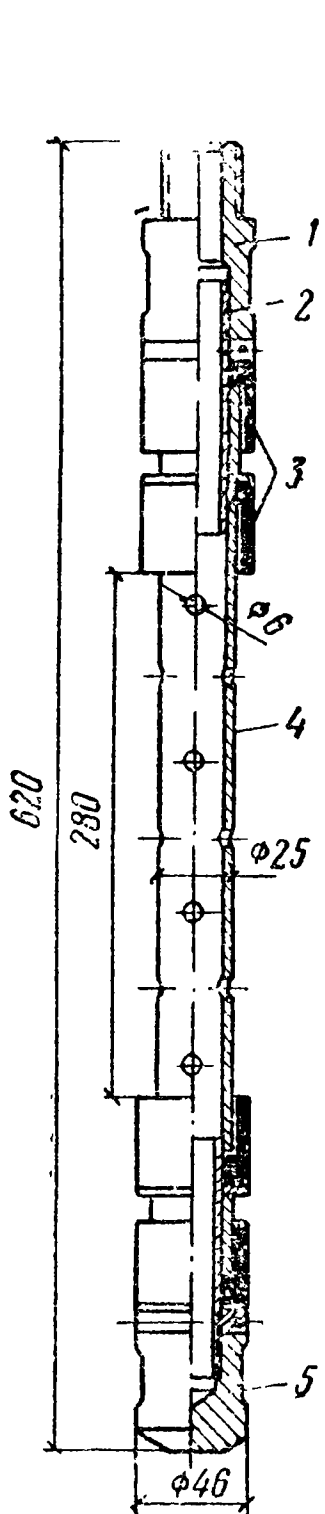


Рис. VIII-5.
Инъектор с
манжетами

1 — присоеди-
нительный ниппель;
2 — резьба; 3—ре-
зиновая манжета;
4 — корпус тампо-
на с перфорацией;
5 — пробка

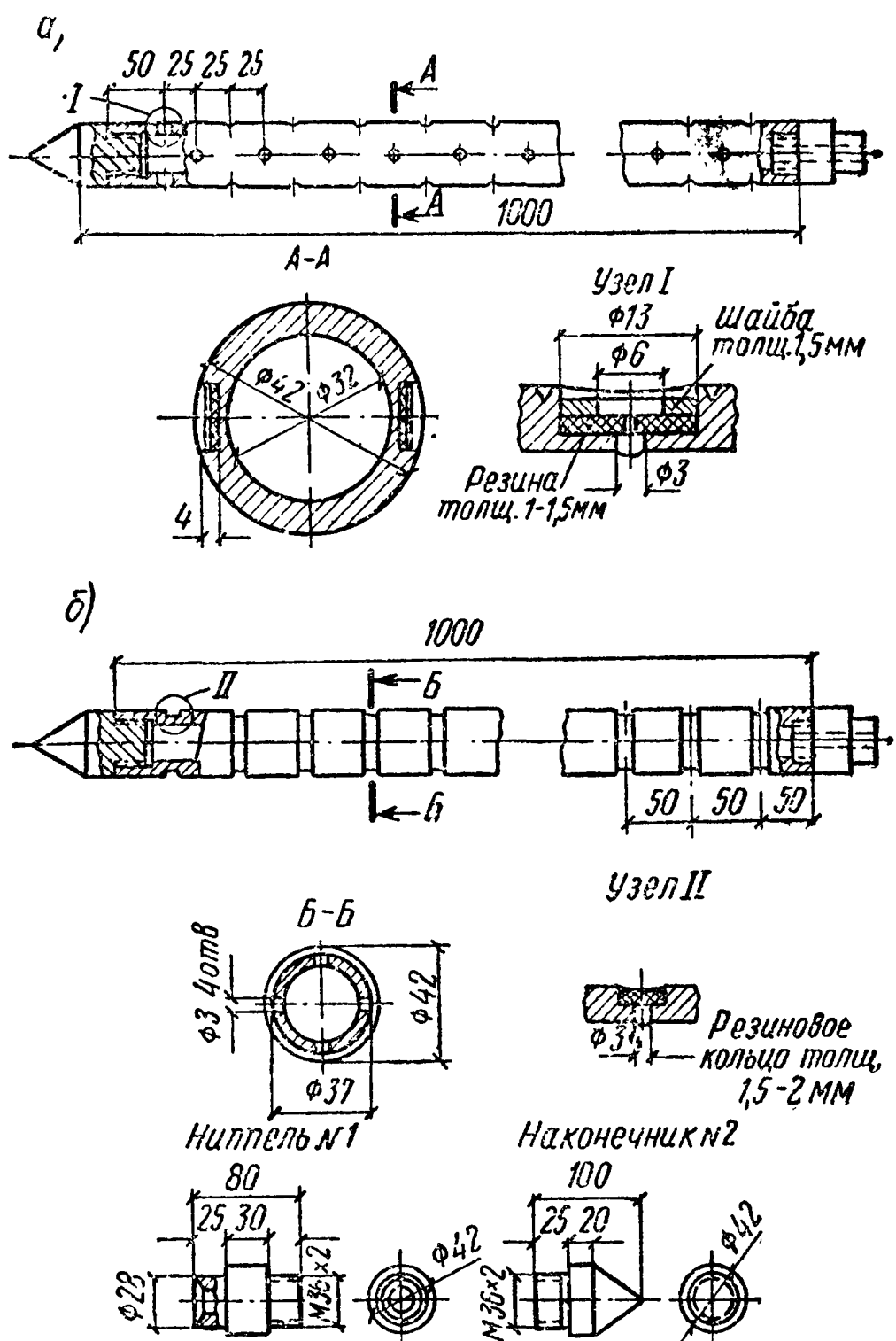


Рис. VIII-6. Схемы инъекторов конструкции
Гидроспецстроя

а — с защитными клапанами к каждому отвер-
стию перфорированного звена; б — с защитными
резиновыми кольцами

силикаторазварочная установка для приготовления
из силикат-глыбы жидкого стекла на месте производ-
ства работ (при большом объеме работ по силикатизации);

баллоны со сжатым углекислым газом, снабженные редуктором (для газовой силикатизации).

Инъекторы, используемые для нагнетания закрепляющих растворов в грунт, по конструкции подразделяются на инъекторы с перфорированным звеном и инъекторы с манжетами (рис. VIII-5).

Инъекторы с перфорированным звеном изготавливаются из цельнотянутых толстостенных труб диаметром

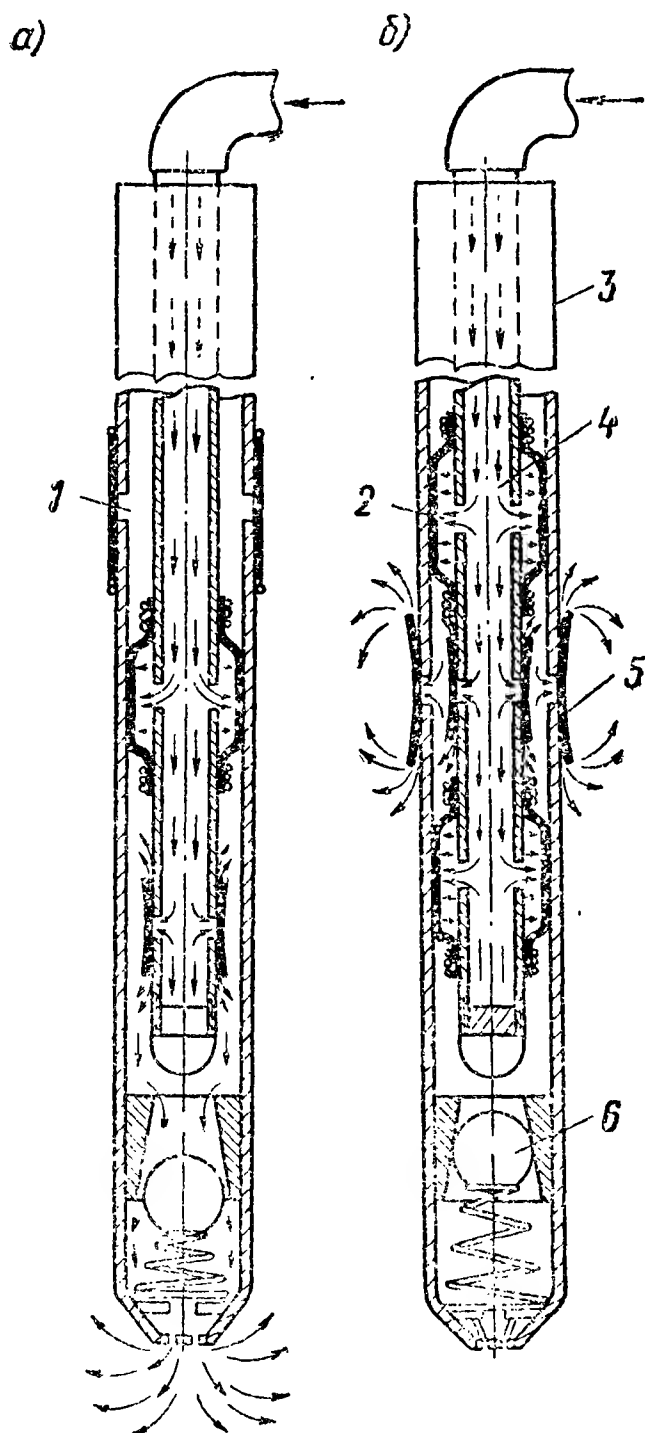


Рис. VIII-7. Манжетный инъектор (конструкции НИИ оснований)

a — при погружении в грунт; *б* — при нагнетании раствора; 1 — отверстие; 2 — тампон резиновый; 3 — наружная труба; 4 — внутренняя труба; 5 — манжеты резиновые; 6 — клапан шарнирный

32—42 мм. Глухие звенья инъектора имеют длину 1—1,5 м, перфорированные — 0,5—1 м. Диаметр отверстий перфорированного звена 2—3 мм. Возможные конструктивные варианты перфорированного звена инъектора представлены на рис. VIII-6.

Манжетный инъектор состоит из наружной перфорированной трубы с манжетами и внутренней с манжетами и тампоном (рис. VIII-7). Наружная труба изготавливается из газопроводных или пластмассовых труб диаметром

32—42 мм секциями по 2—3 м, которые при наращивании соединяются муфтами. По длине наружная труба через каждые 33 мм имеет четыре отверстия диаметром 4—5 мм, закрытые резиновыми манжетами. Манжеты фиксируются на трубе приваренными кольцами.

Внутренняя (передвижная) труба изготавливается из газопроводной трубы диаметром 1/2". В нижней части ее просверлены на некотором расстоянии друг от друга три ряда отверстий. Отверстия среднего ряда (выходные) закрыты манжетами из эластичного материала, отверстия крайних рядов — тампонами из резины.

Принцип действия манжетного инъектора состоит в следующем: в погруженную на проектную глубину манжетную трубу вставляется труба с тампонами так, чтобы ее выходные отверстия с манжетом находились против отверстий с манжетом наружной трубы на глубине, соответствующей глубине закачки раствора. При нагнетании раствора под давлением манжеты обеих труб раздвигаются и открывая при этом отверстия, дают возможность закачиваемому раствору проникать в грунт. Одновременно тампоны внутренней трубы разжимаются и, плотно прилегая к наружной трубе, создают с обеих сторон от выходных отверстий пробки ограничивающие зону распространения раствора в грунте.

Манжетный инъектор, предназначенный для погружения с помощью задавливающего механизма, отличается от приведенного выше инъектора конструкцией наружной трубы: каждая манжета (резиновая) имеет защитный колпак.

Погружение в грунт инъектора с перфорированным звеном производят с помощью пневматических молотков — бетоноломов, дизель-молота ДБ-45 и отбойных молотов типа КЦМ-4 (весом 400 Н), ОМ-506 (190 Н), ОМСП-6 (100 Н), ОМ-5 (90 Н) с рабочим давлением 0,4—0,55 МПа и расходом воздуха 1—1,6 м³/мин или высокочастотных электроперфораторов С-408Б весом 315 Н, мощностью 1,7 кВт, частотой вращения вала 1200 об/мин и частотой ударов бойка 1050 уд/мин.

Компрессор для питания пневматических молотков сжатым воздухом должен обеспечивать работу одновременно нескольких молотов с расходом воздуха не менее 1 м³/мин и давлением не менее 0,2 МПа. При отсутствии компрессора можно использовать копер с навесным механическим молотом весом 1000—1500 Н (вертикальная забивка).

Погружение манжетного инъектора производят с помощью сжатого воздуха в предварительно пробуренные скважины либо специальным задавливающим механизмом.

Извлечение инъектора из грунта производят с помощью гидравлических домкратов грузоподъемностью 5—

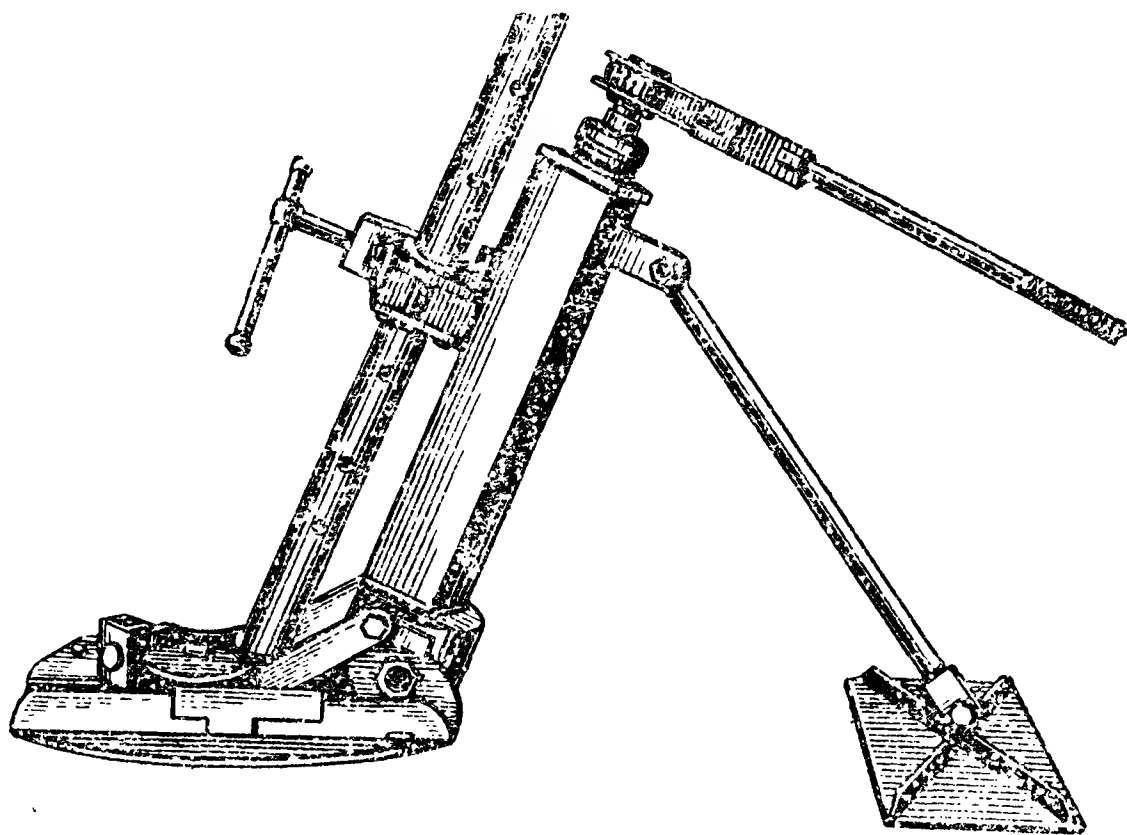


Рис. VIII-8. Станок конструкции А. Г. Медведева для извлечения и направления инъектора

10 т, автопогрузчика типа Т-4003, оборудованного захватами, треног и таями грузоподъемностью 5—10 т или шарнирного станка грузоподъемностью 10 т. Шарнирный станок конструкции А. Г. Медведсва приведен на рис. VIII-8.

Насосы для нагнетания растворов в грунт должны обеспечивать подачу их через каждый инъектор с расходом 1—10 м/мин при давлении до 1,5 МПа. Этим требованиям отвечают насосы: одноплунжерный ПС-4Б, двухплунжерный НГП-1М, шестиплунжерный НС-3. При помощи насоса НС-3 можно вести инъекцию одновременно в шесть скважин. Следует рекомендовать для нагнетания растворов насосы серии НД (НД-400/16*, НД-1000 л/10*, НД-2500/10*) и агрегаты серии ДА** (2ДА производительностью 0,5—7 л/мин и 4ДА производительностью 11—40 л/мин).

* В числителе — производительность, л/ч, в знаменателе — давление, МПа.

** Несколько насосов НД, смонтированных на одной раме.

Эти насосы снабжены ручной регулировкой производительности, что позволяет применять их для подачи растворов-компонентов в смеситель в заданных пропорциях. Кроме того, они изготавливаются из кислотоупорной стали. Используют для нагнетания и насосы НКН-10, С-228, С-251 и С-253. Могут быть применены также пневматические установки, представляющие собой цилиндрические емкости объемом 500 или 1000 л, рассчитанные на давление до 0,8 МПа, оборудованные водомерным стеклом, манометром, предохранительным клапаном, впускными и выпускными кранами.

Разводящая сеть включает:

резиновые шланги с тканевыми прокладками, внутренним диаметром 25 мм, рассчитанные на давление до 3 МПа, и резиновые воздушные шланги (к компрессору) диаметром 19—25 мм, рассчитанные на давление 1 МПа;

детали для соединения шлангов с инжекторами, пневматической установкой и смесительной емкостью: ниппели, штуцера, соединительные гайки, хомуты и т. п.

В состав контрольно-измерительной аппаратуры входят:

манометры, рассчитанные на давление 1—3 МПа, с точностью до 0,05 МПа;

ареометры для измерения плотности растворов от 1 до 1,4 г/см³;

термометры со шкалой до 100° С (для измерения температуры растворов);

весы на 150 кг типа ШМ-1501 для замера массы расходуемого углекислого газа;

редукторы типа УР-2 и КРР-50 для регулирования давления углекислого газа.

Для подогрева рабочего раствора до проектной температуры (20, 40° С) используются электрический ток, сжатый воздух или пар, который пропускается через установленный в емкости змеевик.

В случае приготовления рабочих растворов из кислот в металлических емкостях внутренняя поверхность емкости должна иметь противокоррозионное покрытие из кислотоупорных лаков (№ 411, каменноугольного), перхлорвиниловых эмалей (ХСЗ-1, ХСЗ-3, ХСЗ-6), расплавленных битумов или гумирование.

§ 7. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

Работы по химическому закреплению грунтов выполняются строго по проекту. Изменения и отклонения от проекта допускаются лишь с ведома проектной организации и оформляются актом. Начинать работы по закреплению грунтов можно только после опробования в производственных условиях всех механизмов и смонтированных установок.

Химическое закрепление грунтов включает следующие работы:

приготовление закрепляющих растворов;

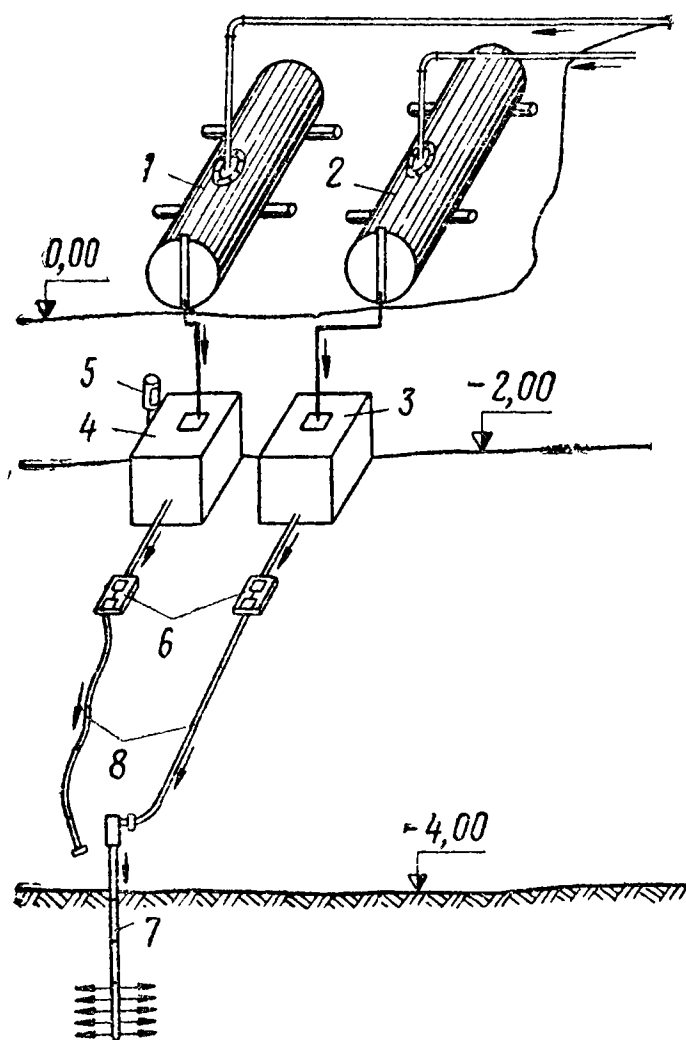


Рис. VIII-9. Технологическая схема приготовления гелеобразующей смеси

1 — цистерна объемом 16 т для разбавления смолы; 2 — цистерна объемом 16 т для разбавления кислоты; 3 — бак на 500 л для 1—5% раствора соляной кислоты; 4 — бак на 500 л для приготовления гелеобразующей смеси; 5 — бачок с водомерным стеклом для дозировки кислоты; 6 — насосы типа ПС-46; 7 — инъектор; 8 — резиновые шланги

погружение инъекторов;
нагнетание растворов;
извлечение инъекторов;
вспомогательные работы.

Схема установки по химическому закреплению грунтов представлена на рис. VIII-9 и VIII-10.

Закреплять грунты в зимнее время допускается при температуре грунта в зоне закрепления не ниже 5°C и в тепляках с положительной температурой.

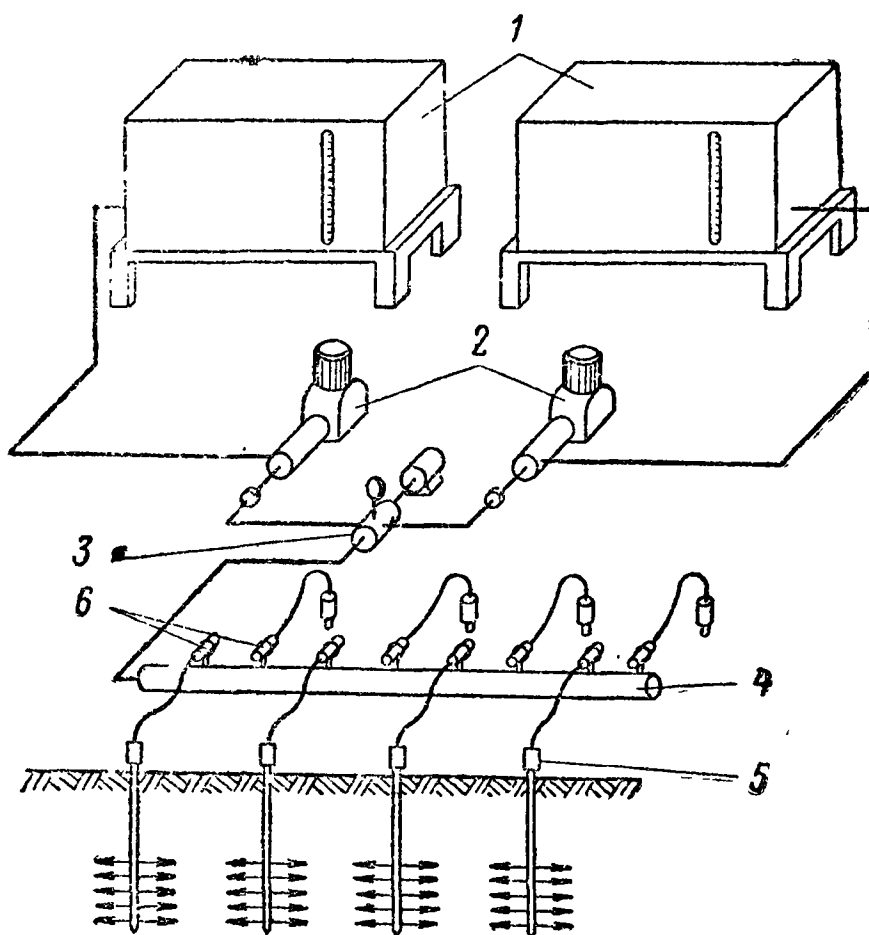
Приготовление закрепляющих растворов. Концентра-

ция и рецептура рабочих растворов и гелеобразующих смесей назначаются соответственно приведенным в § 2, 3 данной главы.

Для получения раствора рабочей концентрации (силиката натрия, смолы, кислоты) исходный раствор раз-

Рис. VIII-10. Схема установки для химического закрепления грунтов

1 — баки для растворов-компонентов (маточного раствора и раствора-отвердителя);
2 — дозирующие насосы ПД;
3 — смеситель непрерывного действия; 4 — распределительная колонка; 5 — инъе́ктор;
6 — расходомер



бавляют водопроводной водой, количество которой определяется по формуле

$$b = \frac{a_1 - a_2}{a_2 - 1} m, \quad (\text{VIII-13})$$

где b — количество добавляемой воды, л;
 a_1 — плотность исходного раствора, г/см³;
 a_2 — плотность раствора рабочей концентрации, г/см³;
 m — количество исходного раствора, л.

Пример. Дано 500 л жидкого стекла плотностью 1,45 г/см³ (исходный раствор). Надо приготовить раствор плотностью 1,38 г/см³ (рабочая концентрация).

Количество воды, которое необходимо добавить к исходному раствору для получения раствора рабочей (заданной) концентрации, соответствует:

$$b = \frac{1,45 - 1,38}{1,38 - 1} 500 = 92 \text{ л.}$$

Кристаллические исходные материалы (хлористый кальций, алюминат натрия, щавелевая и фосфорная кислоты) растворяют на месте. При этом вначале следует приготовить концентрированные растворы указанных

кислот или солей, а затем, по мере надобности разбавляя водой, доводить до рабочей концентрации [количество добавляемой воды определяется по формуле (VIII-13)].

При однорастворной и газовой силикатизации раствор жидкого стекла рабочей концентрации готовят за 3—4 дня до приготовления гелеобразующей смеси или закачки. За это время примеси, имеющиеся в жидком стекле, осядут на дно емкости, а само жидкое стекло станет прозрачным.

Растворы фосфорной и кремнефтористоводородной кислот и алюмината натрия разбавляют водой до рабочей концентрации непосредственно перед приготовлением гелеобразующей смеси.

При смолизации рабочие растворы смолы и коагулянтов (см. выше § 2, табл. VIII-7) готовятся одновременно перед их смешением.

При производстве работ по химическому закреплению грунтов гелеобразующая смесь готовится непосредственно перед употреблением: рабочие растворы жидкого стекла или смолы и соответствующих коагулянтов смешивают в объемных соотношениях и порядке, указанном в § 2.

Приготовление силикатно-кремнефтористоводородной смеси в зависимости от требований, предъявляемых к гелеобразующей смеси, можно вести по двум вариантам:

смесь с продолжительным временем гелеобразования (1—2 ч) готовится при условии доведения готовой смеси до температуры от 5 до 10° С (см. табл. VIII-5);

смесь с сокращенным временем гелеобразования (30—40 мин) готовится и закачивается в обычных температурных условиях (20° С) небольшими порциями (75—100 л). В этом случае для приготовления смеси необходима дополнительная емкость, из которой ведется закачка смеси в грунт.

При приготовлении гелеобразующей смеси необходимо строго соблюдать следующие правила:

объемы основных растворов и растворов-коагулянтов должны быть отмерены возможно точно;

приливать раствор-коагулянт к основному раствору следует тонкой струей;

смешивать оба раствора рекомендуется при тщательном перемешивании;

контролировать время гелеобразования смеси отбором проб.

При работах с соляной и кремнефтористоводородной кислотами для предохранения от коррозии металлической емкости и инъекционного оборудования в кислоту следует добавлять ингибитор в количестве 1%. В качестве ингибитора применяется Уникол-2—продукт конденсации анилина и уротропина.

В случае производства работ по двухрастворной силикатизации при температуре воздуха ниже 15°С рабочие растворы жидкого стекла и хлористого кальция нагреваются до 40°С.

Погружение и извлечение инъекторов. При закреплении грунта с поверхности должен быть оставлен слой незакрепленного грунта не менее 1—1,5 м либо устроена бетонная плита толщиной не менее 10 см с отверстиями диаметром 50 мм для погружения инъекторов. Число отверстий назначается проектом.

Способ погружения инъектора в грунт зависит от геологических условий площадки и выбранной конструкции инъектора.

Погружение инъектора с перфорированным звеном осуществляется следующими способами:

забивкой, если выше области закрепления залегают несвязные грунты, не содержащие крупных включений (крупного гравия или щебня, строительного мусора и т. п.);

опусканием в предварительно пробуренные скважины с применением обсадных труб типа ТМГ, если выше области закрепления массива залегают плотные глины и крупнообломочные грунты, или при проходке несвязных грунтов, если погружение забивкой на данную глубину окажется неосуществимым.

Пространство между обсадной трубой и инъектором тампонируется песком или влажной глиной. Инъекторы забивают с помощью направляющих в строго заданном проектом направлении.

Глубина погружения инъекторов в грунт при забивке — 15 м; при опускании инъектора в предварительно пробуренные скважины — более 15 м.

Варьирование глубин забивки по заходкам зависит от принятого способа нагнетания раствора, указанного в § 5 настоящей главы.

Перед погружением инъектора отверстия перфориро-

ванного звена замазывают пластичной глиной или та-
вотом.

По мере забивки в грунт иньектор наращивают глу-
хими звеньями. Во время наращивания необходимо сле-
дить за тщательностью соединения звеньев.

Манжетный иньектор погружают в грунт следующи-
ми способами: сжатым воздухом — в мелких и средних
песках, не содержащих крупных включений, с различ-
ной степенью влажности (до водонасыщенных грунтов).
Глубина погружения до 8 м.

При погружении сжатым воздухом нижний конец
иньектора имеет вид сопла с вмонтированным в него ша-
рикóвым клапаном.

Порядок погружения следующий:

в трубу с манжетами вставляют внутреннюю трубу
с одним тампоном и в нее подают сжатый воздух. Ман-
жет под напором воздуха разжимается и воздух прони-
кает в сопло, а затем и в грунт, в результате чего инь-
ектор без особых усилий погружается в грунт на задан-
ную глубину;

опусканием в готовую скважину. Глубина пробурен-
ной скважины в сухих грунтах без крепления стенок мо-
жет достигать 14—16 м. Пространство между иньекто-
ром и стенками скважины заполняется песком. В этом
случае нижний конец трубы иньектора имеет заглушку.

Иньектор горизонтального направления погружается
в грунт с помощью задавливающего механизма, конст-
рукция и принцип действия которого показаны на
рис. VIII-11. Иньектор в данном случае погружается по
следующей схеме: открывают шурф, в котором одна из
стен крепится целиком, другая (близлежащая к фунда-
менту, например) имеет несплошное крепление, так как
через нее ведутся работы по задавливанию иньекторов.
У стены со сплошным креплением устанавливают верти-
кальную металлическую плиту размером $1,5 \times 1,5 \times 1,5$ м,
толщиной 2—3 см для упора задавливающего механиз-
ма, который размещают в шурфе. Один его конец за-
креплен на оси и упирается в металлическую плиту. Ме-
ханизм свободно (под разными углами к оси) может
разворачиваться в одной плоскости, благодаря чему
можно получить веерообразное расположение иньекто-
ров в грунте. Механизм можно устанавливать на любую
высоту, создавая таким образом условия для получения
массива из закрепленного грунта любых габаритов.

При помощи такого механизма можно задавить инъ-ектор на глубину до 20 м. Метод перспективен для за-строенных районов, где нельзя вести работы по закреп-лению грунта с дневной поверхности.

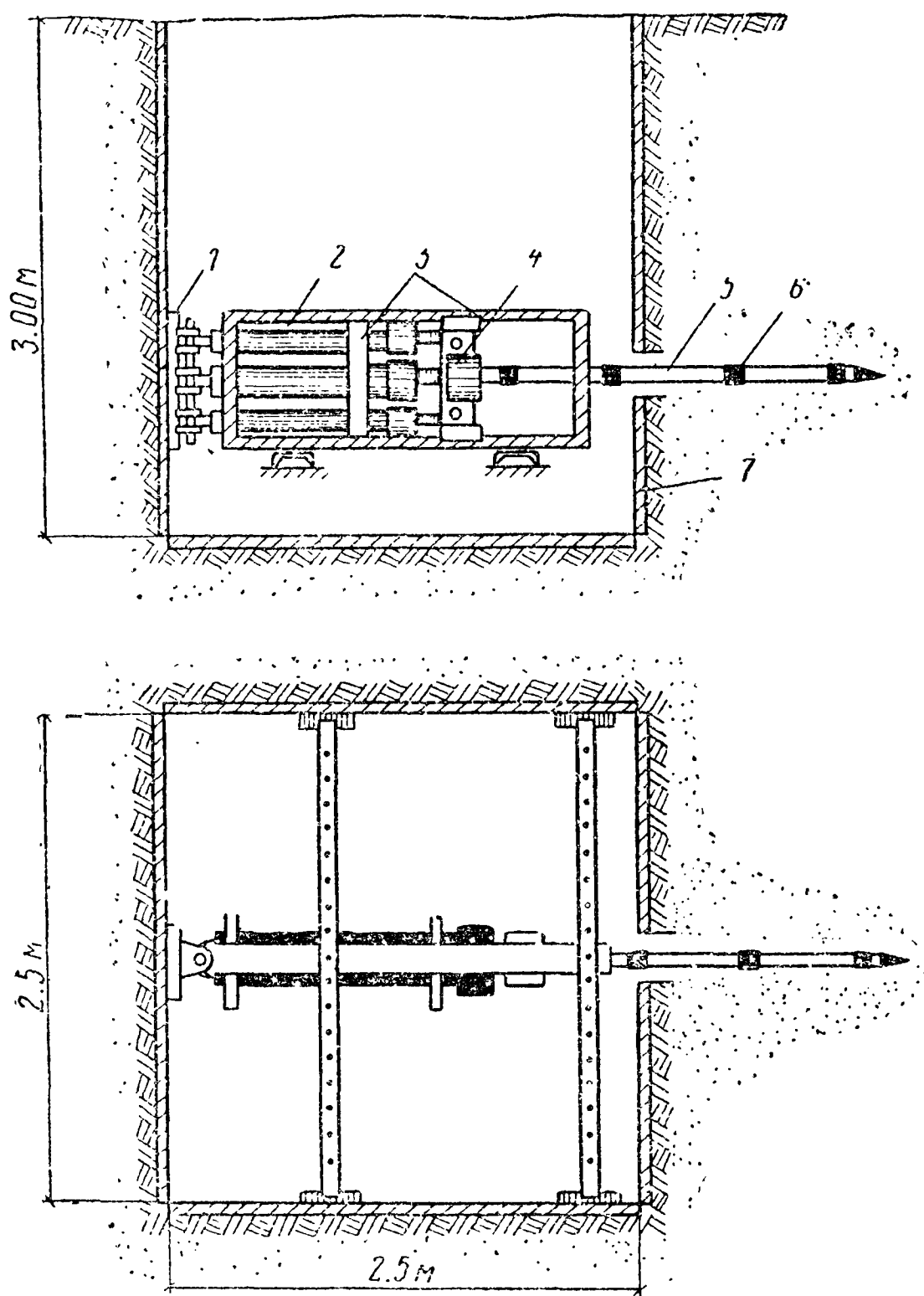


Рис. VIII-11. Конструкция шурфа и механизма задавли-
вания инъекторов

1 — упорная пята; 2 — гидроцилиндры экскаватора Э-2515, марки ЭО-2621; 3 — металлическая рама; 4 — подвижная каретка; 5 — инъ-ектор; 6 — манжета; 7 — стенка шурфа

В процессе погружения инъекторов ведется журнал, в котором фиксируются номера скважин, заходов и глу-бина погружения.

Механизмы, с помощью которых инъекторы извлека-ются из грунта, перечисляются в § 6 настоящей главы.

Нагнетание химических растворов. Порядок нагнета-

ния растворов зависит от применяемого способа и устанавливается проектом. Для всех видов силикатизации и смолизации грунтов порядок нагнетания раствора описан в § 5 данной главы.

Растворы в грунт нагнетаются с помощью насосного оборудования, перечисленного в § 6.

При однорастворной силикатизации и смолизации гелеобразующие растворы нагнетают вначале в первый ряд инъекторов, затем во второй и т.д. При двухрастворной силикатизации растворы жидкого стекла и хлористого кальция нагнетают вначале в нечетные ряды инъекторов, а затем в четные или наоборот.

При нагнетании гелеобразующих растворов с предварительной обработкой грунта кислотами (смолизация и силикатно-кремнефтористоводородная рецептура однорастворной силикатизации) вначале в заходку подают раствор кислоты рабочей концентрации в количестве, предусмотренном проектом, затем прокачивается небольшое количество воды (30—50 л) и после этого нагнетают гелеобразующий раствор. Перерыв во времени между нагнетанием кислоты и гелеобразующего раствора для водонасыщенных песков не должен быть более 1 ч.

Количество нагнетаемого в одну заходку раствора устанавливается проектом по формуле (VIII-13) и проверяется при опытных работах по закреплению грунтов. Отклонения в количестве нагнетаемого в каждую заходку раствора не должны быть более 5%.

Давление при нагнетании растворов устанавливается проектом и корректируется при опытных работах по закреплению грунтов. Отклонения в величине давления при нагнетании растворов не должны быть более 10%.

Режим насосного нагнетания растворов в грунт должен соответствовать данным табл. VIII-9.

Если раствор в заданном количестве при установленном давлении не нагнетается, необходимо извлечь инъектор из грунта, промыть его, забить вновь и после этого продолжить нагнетание.

В случае преждевременного образования геля (при смолизации и однорастворной силикатизации) нагнетание необходимо прекратить, а все оборудование (насосный агрегат, шланги и инъектор, извлеченный из грунта) промыть. После этого вновь забить инъектор и нагнетать раствор. При производстве работ по новой тех-

нологической схеме (см. рис. VIII-10) подобные явления исключаются.

Если при нагнетании раствор выходит на поверхность по затрубному пространству либо через трещины в грунте или бетонной подготовке, нагнетание следует немедленно прекратить и обнаруженные места выхода раствора затампонировать подручным материалом (ветошью, паклей, цементом, пропитанными жидким стеклом или глиной). Когда при нагнетании в грунте обнаруживаются разрыхленные зоны или пустоты (значительно понижается давление при избыточном поглощении грунтом раствора), нагнетание необходимо прекратить. Разрыхленные зоны должны быть предварительно зацементированы под давлением.

По окончании нагнетания растворов в грунт давление в системе должно быть постепенно снижено до нуля (открывается сбросной вентиль на насосе). Только после этого разрешается отсоединить шланги от инъектора (резкое снижение давления приводит к забиванию инъектора грунтом).

Вспомогательные работы. По химическому закреплению грунтов к вспомогательным работам относятся:

- подогрев химических растворов (при двухрастворной силикатизации);

- промывка и чистка оборудования;

- тампонаж скважин;

- устройство тепляков в зимнее время (при нагнетании растворов с поверхности земли).

Подогревать раствор можно в баках объемом 1—1,5 м³ паром, пропускаемым через змеевики, или электропечами. При подогреве необходимо определять температуру и концентрацию растворов. Во избежание интенсивного испарения раствора баки должны иметь крышки. В случае повышения концентрации сверх предусмотренной проектом раствор разбавляют водой.

Промывать и прочищать инъекторы необходимо сразу после их извлечения из грунта.

Насосы, шланги и емкости для растворов промывают водой после окончания работ каждой смены. Технический осмотр насосов следует производить ежедневно. Необходимо систематически проверять исправность манометров, а при газовой силикатизации — и газового редуктора.

После извлечения инъекторов скважины надлежит

затампонировать цементно-песчаным раствором или пластичной глиной.

Тепляк для работ в зимнее время оборудуют согласно указаниям в проекте.

§ 8. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ПРИЕМКА РАБОТ ПО ХИМИЧЕСКОМУ ЗАКРЕПЛЕНИЮ ГРУНТОВ

В процессе производства работ по химическому закреплению грунтов ведется постоянный контроль качества исходных химических материалов, рабочих растворов и гелеобразующих смесей (плотность, вязкость, температура и т. д.) и качества закрепления грунта.

Контроль качества химических растворов и гелеобразующих смесей осуществляется пробным закреплением грунтов в лабораторных условиях и последующим испытанием закрепленных образцов на прочность, водонепроницаемость (§ 4).

Контроль качества работ по закреплению сводится к установлению монолитности и водонепроницаемости закрепленного массива, определению прочности и водоустойчивости закрепленного грунта. Такой контроль осуществляется:

- бурением контрольных скважин диаметром не меньше 127 мм с отбором кернов;

- вскрытием шурфов в закрепленном грунте с отбором монолитов;

- нагнетанием воды в грунт через контрольные инъекторы или скважины;

- наблюдением за изменением режима грунтовых вод.

Для испытания химических растворов на закрепляемость грунта растворы следует брать непосредственно из расходных баков. Результаты испытаний закрепленных образцов грунта сопоставляются с результатами испытания контрольных образцов, закрепленных стандартными растворами, и заносятся в журнал лабораторных испытаний.

Качество закрепленного грунта в зависимости от назначения силикатизации (или другого способа) проверяется следующим образом:

- прощупыванием стальными стержнями или забивкой инъекторов;

- вскрытием шурфов;

- нагнетанием воды;

наблюдениями за режимом грунтовых вод.

Для определения прочности, монолитности и конфигурации закрепленного грунта производится контрольная забивка иньекторов в центре закрепленного массива. Качество закрепления грунта на прочность определяется по сопротивлению грунта при забивке иньекторов в закрепленный и незакрепленный грунт, что устанавливается по скорости забивки. В те же иньекторы для определения водонепроницаемости грунта нагнетают воду. Число контрольных скважин должно составлять 5—10% общего их числа, через которые нагнетались растворы при закреплении грунта.

Кроме того, для проверки качества закрепления, как правило, должны закладываться контрольные шурфы из расчета не более одного на 50 м³ закрепленного грунта. При вскрытии шурфа отбираются образцы закрепленного грунта и составляется акт с подробным описанием закрепления. Образцы отбираются для определения прочности, водонепроницаемости и водостойчивости закрепленного грунта.

Водонепроницаемость грунта в массиве проверяется через 15 дней после силикатизации испытанием грунта на удельное водопоглощение через контрольные иньекторы.

Качество созданных противofильтрационных завес определяется на основе сравнения карты гидроизогипс и скоростей грунтового потока до и после силикатизации. Качество противofильтрационных завес может быть проверено также на основе наблюдений за уровнем воды в пьезометрах и расходом фofильтрационных вод.

Качество работ по закреплению грунтов оснований существующих сооружений устанавливается по материалам наблюдений за осадкой фундаментов.

Грунт считается недостаточно закрепленным, если прочность его составляет менее 90%, а удельное водопоглощение — более 110% величины, установленной проектом. В этих случаях необходимо дополнительное закрепление грунта.

Число контрольных скважин и шурфов определяется проектом. Места расположения контрольных выработок и их глубина устанавливаются заказчиком.

К контрольному бурению и вскрытию шурфов приступают не менее чем через двое суток после окончания работ по закреплению. При бурении и вскрытии шурфов

отбирают образцы закрепленного грунта с указанием места отбора для последующих их испытаний.

Во избежание высушивания монолиты и керны закрепленного грунта при отборе парафинируют. Изготовленные из монолитов образцы испытывают в лаборатории на одноосное сжатие.

Приемка законченных работ по закреплению грунтов должна установить соответствие прочности и водонепроницаемости закрепленного грунта требованиям проекта.

При приемке работ закрепленных грунтов должны быть предъявлены следующие документы:

- планы и профили закрепленного массива с обозначением местоположения инъекторов;

- журналы забивки инъекторов и нагнетания растворов и смесей;

- журналы лабораторных испытаний исходных химических материалов;

- журналы и акты контрольных испытаний закрепленного грунта;

- журналы наблюдений за скоростью движения и уровнем грунтовых вод в пьезометрах;

- журналы наблюдений за осадками фундаментов.

§ 9. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Производство работ по закреплению грунтов должно выполняться на основании правил противопожарной охраны и техники безопасности, предусмотренных главой СНиП III-A.11-70 «Техника безопасности в строительстве», а также следующих требований:

- не допускать попадания химических продуктов в полость рта при курении, приеме пищи и воды; не пробовать эти продукты на ощупь, запах и вкус;

- избегать непосредственного контакта с химическими продуктами;

- не допускать даже кратковременного пребывания без спецодежды и средств индивидуальной противохимической защиты в атмосфере, содержащей пыль, туман и пары химических продуктов;

- использовать индивидуальные защитные приспособления; спецодежду (хлопчатобумажные плотные костюмы или комбинезоны, а при работе с кислотами — суконные костюмы); резиновые перчатки и обувь, защитные очки, повязки, респираторы типа Ф-45, Ф-46, ПРБ-1

и противогазы (промышленные фильтрующие противогазы марки А и Б);

хранить сыпучие (порошкообразные) химические материалы необходимо в силосах, бункерах, ларях, которые должны быть оборудованы освещением и приспособлениями против распыления материалов при погрузке их на транспортные средства;

жидкие химические продукты необходимо хранить в металлических емкостях с герметически закрывающимися горловинами и противокоррозионными покрытиями. Соляную и серную кислоты можно хранить также в стеклянных бутылках, установленных внутри корзин или ящиков со стружкой или соломой;

приготавливать растворы на растворном узле, оборудованном необходимыми емкостями и насосами;

на территории строительства необходимо оборудовать медицинский пункт с набором медикаментов и инструментов для оказания неотложной помощи при отравлениях. На медпункте должна быть устроена душевая комната;

использовать принудительную вентиляцию при производстве работ в стесненных закрытых помещениях.

1. А б р а м о в С. К. Гидрогеологические расчеты притока воды в котлованы и искусственного понижения уровня грунтовых вод. М., Углетехиздат, 1952.
2. А р у т ю н я н Р. Н., С м о р о д и н о в М. И. Эжекторная вакуумная водопонижительная установка ЭВВУ. М., Стройиздат, 1972.
3. Б а х о л д и н Б. В., Б о р о д а в ч е н к о С. И. Прогрессивные решения в области строительства оснований и фундаментов. Разработка рекомендаций. Научно-технический отчет. М., НИИОСП, 1971.
4. Б о н д а р и к Г. К., К о м а р о в И. С., Ф е р р о н с к и й В. И. Полевые методы инженерно-геологических исследований. М., Недра, 1967.
5. В о р о б к о в Л. Н. Искусственное понижение уровня грунтовых вод. Справочник строителя, т. II. М., Стройиздат, 1959.
6. Временные методические указания по лабораторным исследованиям физико-механических свойств грунтов при производстве инженерно-строительных изысканий. М., ЦТИСИЗ Госстроя РСФСР, 1966.
7. Временные указания по проектированию оснований и фундаментов зданий и сооружений, возводимых на набухающих грунтах. СН 331-65. М., 1966.
8. Временные указания по производству бетонных и железобетонных работ. ВСН 24-68. М., Главмосстрой, 1970.
9. Г а н и ч е в И. А. Устройство искусственных оснований и фундаментов. М., Стройиздат, 1973.
10. Д ы х о в и ч н ы й Ю. А. Конструирование и расчет жилых и общественных зданий повышенной этажности. М., Стройиздат, 1970.
11. Е г о р о в А. И., Р о г а ч е в с к и й Л. И. Применение буровых свай большого диаметра в промышленном и гражданском строительстве. Основания и фундаменты. V сборник КИСИ. Киев, «Будівельник», 1972.
12. Инструкция по силикатизации грунтов. М., Госстройиздат, 1960.
13. К а м е н с к и й Г. Н. Основы динамики подземных вод. М., Геолгиздат, 1943.
14. К л и м о в В. Т. Строительство опускных колодцев облегченной конструкции. М., Стройиздат, 1973.
15. К л и м о в В. Т. Строительство уникальных опускных колодцев для непрерывной разливки стали. М., Стройиздат, 1966.
16. К л и м о в В. Т., М а р ы ч е в В. И., Р у б и н ч и к А. М. Строительство опускных колодцев и кессонов. М., Госстройиздат, 1963.
17. К р ы л о в Н. А., Г л у х о в с к и й К. А. Испытание конструкций сооружений. Л., Стройиздат, 1971.
18. Л е в и н з о н А. Л., Б р и м м е р Л. А. Опыт устройства монолитных фундаментных плит сборных железобетонных зданий Москвы. ЦБТИ ЦНИИОМТП. М., Стройиздат, 1970.
19. Материалы совещания по закреплению грунтов. Рига, 1959.

20. Материалы совещания по закреплению и уплотнению грунтов, Киев, 1962.
21. Материалы совещания по закреплению и уплотнению грунтов. Тбилиси, 1964.
22. Материалы к V совещанию по закреплению и уплотнению грунтов. Новосибирск, 1966.
23. Материалы к VI Всесоюзному совещанию по закреплению и уплотнению грунтов. М., 1968.
24. Материалы VII Всесоюзного совещания по закреплению и уплотнению грунтов. Л., «Энергия», 1971.
25. Неклюдов М. К. Методы и средства механизации уплотнения грунтов. М., Стройиздат, 1971.
26. Овсянкин В. М., Заболотный П. П., Стецюк В. И. Устройство буронабивных свай сухим способом при возведении фундаментов на лессовых просадочных грунтах. М., Стройиздат, 1971.
27. Озеров Н. В. Кессонные фундаменты. М., Трансжелдориздат, 1940.
28. Отказомер и его применение на свайных работах. Труды НИИОСП. М., Стройиздат, 1962.
29. Пособие по проектированию оснований и фундаментов зданий и сооружений на просадочных грунтах. М., Стройиздат, 1964.
30. Рекомендации по лабораторному определению физических и механических свойств глинистых грунтов при производстве инженерных изысканий. Госстрой СССР. Главпромстройпроект. М., 1968.
31. Ржаницын Б. А. Силикатизация песчаных грунтов. М., Изд-во Министерства строительства предприятий машиностроения, 1949.
32. Ржаницын Б. А. Обзор зарубежных работ по закреплению грунтов. Пленарные доклады и решения VI Всесоюзного совещания по закреплению и уплотнению грунтов. М., изд-во МГУ, 1970.
33. Ривкин С. А., Коршунов Д. А., Френкель М. М. Сборные железобетонные фундаменты каркасных зданий. Киев, Госстройиздат УССР, 1962.
34. Рубинштейн М. З. и Крытов В. Г. Методика определения размеров и технико-экономических показателей фундаментов, М., Стройиздат, 1966.
35. Савинов О. А., Лускин А. Д. Вибрационный метод погружения свай и его применение в строительстве. Л., Стройиздат, 1960.
36. Силин К. С. и др. Фундаменты опор мостов из сборного железобетона. М., «Транспорт», 1966.
37. Силин К. С., Глотов Н. М. Опускные колодцы. М., «Транспорт», 1971.
38. Смирнов С. Н., Якобсон Г. А. Новая технология возведения насыпей. Уз. ИНТИ, 1967.
39. Смородинов М. И., Ерофеев Л. В., Федоров Б. С., Дитрих Ю. В., Виллумсен В. В. Специальные машины и оборудование для устройства оснований и фундаментов. М., «Машиностроение», 1972.
40. Смородинов М. И. и др. Сваебойное оборудование. М., «Машиностроение», 1967.
41. Соколов Н. М., Светицкий Е. В. Свайные работы. М., Стройиздат, 1964.
42. Соколович В. Е. О силикатизации лессовых грунтов. Журн. «Основания, фундаменты и механика грунтов», 1965, № 1.

43. Соколов В. Е. Новое в химии закрепления грунтов. Журн. «Основания, фундаменты и механика грунтов», 1971, № 2.
44. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Основания и фундаменты. М., Стройиздат, 1964.
45. Стабилизация и искусственное закрепление грунтов. СНиП III-Б.5-62. М., 1963.
46. Строительные машины, механизмы и приспособления, сконструированные и усовершенствованные ЦНИИОМТП. Составитель канд. техн. наук Б. В. Туманова. М., Стройиздат, 1971.
47. Тер-Галустов С. А., Иванов В. Д. Опускные сооружения в тиксотропных рубашках. М., Стройиздат, 1970.
48. Тер-Галустов С. А. Буровые опоры глубокого заложения. М., изд-во Минкоммунхоза РСФСР, 1961.
49. Трофименков Ю. Г., Воробков Л. Н. и др. Полевые методы исследования строительных свойств грунтов. М., Стройиздат, 1964.
50. Трофименков Ю. Г., Ободовский А. А. Свайные фундаменты для жилых и промышленных зданий. М., Стройиздат, 1970.
51. Труды совещания по теоретическим основам технической мелиорации грунтов. М., МГУ, 1961.
52. Указания по зондированию грунтов при инженерных изысканиях для строительства. М., Стройиздат, 1973.
53. Указания по проектированию оснований и фундаментов зданий и сооружений, возводимых на насыпных грунтах. СН 360-66. М., Стройиздат, 1966.
54. Указания по смолизации песчаных грунтов. М., Госстройиздат, 1963.
55. Унифицированные грузозахватные приспособления для монтажа жилых и общественных зданий. М., ЦБТИ ЦНИИОМТП, 1969.

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Краткие сведения о свойствах грунтов и методах их определения	6
§ 1. Свойства грунтов	6
§ 2. Определение свойств грунтов в полевых условиях и применяемое оборудование	10
1. Буровые и горнопроходческие работы	10
2. Испытания грунтов статическими нагрузками с помощью штампов и прессиометров	11
3. Статическое зондирование грунтов	14
4. Динамическое зондирование грунтов	17
5. Испытания грунтов на сдвиг	18
6. Радиоизотопные методы определения свойств грунтов	20
7. Исследование фильтрационных свойств грунтов	20
§ 3. Исследования грунтов в лабораторных условиях	21
1. Компрессионные испытания	21
2. Определение прочностных характеристик грунта	22
3. Определение коэффициента фильтрации	24
Глава II. Подготовка грунтов оснований	25
§ 1. Общие положения	25
§ 2. Технология механического уплотнения грунтов	26
1. Общие сведения	26
2. Технология уплотнения грунтов укаткой	27
3. Технология уплотнения грунтов трамбованием	31
4. Технология уплотнения грунтов вибрированием	33
5. Технология глубинного уплотнения слабых грунтов песчаными и бумажными дренами	33
6. Общие положения по устройству обратных засыпок в пазухах котлованов	35
7. Производство земляных работ в зимнее время	36
§ 3. Оборудование для уплотнения грунтов	38
1. Общие сведения	38
2. Машины ударного действия	38
3. Вибрационные машины	42
4. Машины для укатки	43
5. Машины для погружения песчаных и бумажных дрена	49
§ 4. Контроль качества укладки и уплотнения грунтов	54
Глава III. Водозащитные мероприятия и оборудование	58
§ 1. Способы осушения котлованов	58
1. Проектирование и организация работ по открытому водоотливу	58
2. Описание схемы открытого водоотлива	61
3. Машины, применяемые для открытого водоотлива	62
4. Правила монтажа, демонтажа, эксплуатации и ухода за машинами для открытого водоотлива	66
§ 2. Водопонижение как средство водозащиты при устройстве фундаментов	66

	Стр.
1. Общие сведения	66
2. Описание схем водопонижения и проектирования водопонизительных установок	67
3. Характеристики и конструкции водопонизительного оборудования	71
Г л а в а IV. Фундаменты на естественном основании	98
§ 1. Основные виды фундаментов на естественном основании	98
§ 2. Технологические схемы возведения подземной части зданий на естественном основании	101
§ 3. Устройство отдельных сборных фундаментов	109
1. Разбивка мест установки блоков сборных фундаментов	109
2. Монтаж отдельных сборных фундаментов	110
§ 4. Устройство отдельных монолитных фундаментов	116
1. Общие положения	116
2. Опалубочные и арматурные работы	117
3. Бетонные работы	124
§ 5. Монтаж сборных ленточных фундаментов	131
§ 6. Устройство монолитных ленточных фундаментов	138
§ 7. Устройство плитных фундаментов	142
§ 8. Возведение стен и перекрытий подземной части зданий	144
1. Монтаж стеновых блоков	144
2. Монтаж стеновых панелей, лестниц и плит перекрытий	146
3. Монтаж лестниц и перекрытий над техническим подпольем	148
Г л а в а V. Фундаменты из забивных свай и шпунтовые ограждения	153
§ 1. Виды и устройство забивных свай	153
1. Классификация железобетонных забивных свай	153
2. Конструкция свай	153
3. Классификация деревянных свай	164
4. Конструкция свай	164
5. Классификация стальных свай	166
6. Конструкция свай	167
§ 2. Машины, механизмы и оборудование для устройства фундаментов из забивных свай	168
1. Молоты сваебойные	168
2. Вибропогружатели	178
3. Свайные копры, навесное и сменное копровое оборудование	179
§ 3. Производство работ по устройству свайных фундаментов из забивных свай	181
1. Проект производства работ	181
2. Подготовительные работы	188
3. Забивка свай молотами	190
4. Погружение свай вибропогружателями	193
5. Погружение стального шпунта	193
6. Особенности погружения железобетонных свай-оболочек	197
7. Подмыв свай	202
8. Методы испытания свай	205

	Стр.
9. Устройство свайных ростверков	211
10. Приемка свайных фундаментов	213
Г л а в а VI. Буронабивные сваи. Стена в грунте	217
§ 1. Технология устройства буронабивных свай	217
1. Общие сведения	217
2. Технология изготовления буронабивных свай в связ- ных сухих и маловлажных грунтах	217
3. Технология изготовления буронабивных свай с креп- лением стенок скважин от обрушения избыточным давлением воды или глинистым раствором	219
4. Технология изготовления буронабивных свай с креп- лением стенок скважин от обрушения обсадными трубами	220
§ 2. Классификация оборудования для устройства буро- набивных свай	224
1. По способу крепления стенок скважин	224
2. По методу бурения скважин, виду рабочих органов и способу транспортирования разбуренной породы из скважины	224
3. По виду механизма перемещения	225
§ 3. Конструкция и технические характеристики устано- вок для устройства буронабивных свай	225
1. Отечественные буровые станки вращательного и удар- ного действия	226
2. Конструкция и технические характеристики некото- рых буровых станков зарубежных фирм, применяе- мых в СССР	233
§ 4. Контроль качества изготовления буронабивных свай	237
§ 5. Оборудование для сооружения стены в грунте и спо- собы ее устройства	240
1. Общие сведения	240
2. Оборудование для приготовления и очистки глини- стых растворов	242
3. Приборы для контроля качества глинистых растворов	243
4. Машины и оборудование для устройства свайных и траншейных стен в грунте	243
5. Оборудование для устройства траншейных стенок, применяемое за рубежом	245
Г л а в а VII. Опускные сооружения. Колодцы, кессоны и опускные сооружения в тиксотропных рубашках	249
§ 1. Область применения колодцев и подготовка их к по- гружению	249
1. Бетонирование и монтаж колодцев	254
2. Устройство днища колодцев	261
3. Гидроизоляционные работы	263
4. Опускание колодцев	266
5. Водопонижение при строительстве опускных колодцев	279
6. Устранение характерных осложнений при строитель- стве колодцев	282
§ 2. Кессоны	284
1. Область применения и классификация	284
2. Элементы кессона и оборудование для его опускания	285
3. Производство кессонных работ	291
	371

	Стр.
4. Разработка грунта в кессонах	293
5. Производство работ по наплавным кессонам	298
§ 3. Опускные сооружения в тиксотропных рубашках	293
1. Общая часть	298
2. Конструкции и приспособления для создания тиксо- тропной рубашки	300
3. Приготовление, хранение и нагнетание глинистого раствора	302
4. Глины и глинистые растворы	306
5. Контроль качества работ	310
Г л а в а VIII. Химическое закрепление грунтов	312
§ 1. Физико-химические способы закрепления грунтов	312
1. Общие положения	312
2. Двухрастворная силикатизация	317
3. Однорастворная силикатизация	318
4. Глинисто-силикатные растворы	322
5. Газовая силикатизация	324
6. Смолизация	327
§ 2. Материалы, применяемые при химическом закрепле- нии грунтов	331
1. Химические реактивы	331
2. Определение модуля раствора силиката натрия (Экс- пресс-метод В. Е. Соколовича)	333
3. Рецептúra закрепляющих растворов	335
§ 3. Изыскательские работы по химическому закреплению грунтов	338
§ 4. Лабораторные исследования закрепления грунтов	339
§ 5. Состав проекта производства работ и основные ука- зания по его проектированию	340
1. Состав ППР	340
2. Основные указания по проектированию	341
§ 6. Оборудование, применяемое при химическом закреп- лении грунтов	347
§ 7. Производство работ	354
§ 8. Контроль качества и приемка работ по химическому закреплению грунтов	362
§ 9. Техника безопасности	364
Список литературы	366

Михаил Ильич Смородинов, Борис Сергеевич Федоров,
Евгений Владимирович Светинский,
Александр Иванович Егоров, Александр Львович Левинзон,
Екатерина Викторовна Мухина,
Владимир Тимофеевич Климов, Юрий Николаевич Редянов,
Юлий Викторович Дитрих, Борис Александрович Ржаницын,
Степан Аветович Тер-Галустов, Ольга Ивановна Игнатова

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Редактор А. Ф. Т а р а с о в а
Технический редактор В. М. Р о д и о н о в а
Корректоры Г. А. К р а в ч е н к о, О. В. С т и г н е е в а

Сдано в набор 19/II 1974 г. Подписано к печати 18/VII 1974 г. Т-11895.
Формат 84×108¹/₃₂ д. л. Бумага типографская № 2. 19,74 усл. печ. л.
(уч.-изд. 19,76 л.). Тираж 75.000 экз. Изд. № АХ 3546. Зак. № 76.
Цена в переплете № 5 — 1 р. 10 к., в переплете № 7 — 1 р. 15 к.

Стройиздат
103006, Москва, Каляевская, 23а

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.